

# TU Verkündungsblatt

## *Ämtliche Bekanntmachungen*

Fakultät 2  
Institute der Fakultät 2  
GdP (20 Ex)

Aushang

Nr. 581  
14.11.2008

Herausgegeben vom  
Präsidenten der  
Technischen Universität  
Carolo-Wilhelmina  
zu Braunschweig

Redaktion:  
Geschäftsstelle des  
Präsidenten  
Pockelsstraße 14  
38106 Braunschweig  
Tel. 0531/391-4101  
Fax 0531/391-4300

### Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Chemie, Fakultät für Lebenswissenschaften

Hiermit wird die von dem Fakultätsrat der Fakultät für Lebenswissenschaften am 05.02.2008 beschlossene und vom Präsidenten am 06.11.2008 genehmigte Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Chemie der TU Braunschweig hochschulöffentlich bekannt gemacht.

Die Prüfungsordnung tritt am Tag nach ihrer hochschulöffentlichen Bekanntmachung, am 15.11.2008, in Kraft.





**TECHNISCHE UNIVERSITÄT CAROLO WILHELMINA**

**zu**

**BRAUNSCHWEIG**

**FAKULTÄT FÜR LEBENSWISSENSCHAFTEN**



**PRÜFUNGSORDNUNG (MPO 2007)**

**FÜR DEN MASTER-STUDIENGANG CHEMIE**

## **INHALTSVERZEICHNIS**

**Besonderer Teil der Prüfungsordnung für den Studiengang Chemie mit dem Abschluss "Master of Science".**

- § 1      Hochschulgrad**
- § 2      Regelstudienzeit und Gliederung des Studiums**
- § 3      Zulassungsvoraussetzungen für die Prüfungen**
- § 4      Art und Umfang der Prüfungen**
- § 5      Professionalisierungsbereich**
- § 6      Besondere Bedingungen bei der Master-Arbeit**

- Anlage 1:      Studienplan**
- Anlage 2:      Master-Urkunde**
- Anlage 3:      Master-Zeugnis**
- Anlage 4:      Diplomäquivalenzbescheinigung**
- Anlage 5:      Liste der Module**
- Anlage 6:      Modul-Beschreibungen**
- Anlage 7:      Muster Modul-Abschlußschein**

### **Anmerkung:**

**In einem "Allgemeinen Teil der Prüfungsordnung" sind die für alle Bachelor- und Master-Studiengänge der TU Braunschweig geltenden Regelungen enthalten.**

## **BESONDERER TEIL DER PRÜFUNGSORDNUNG FÜR DEN STUDIENGANG CHEMIE**

### **MIT DEM ABSCHLUSS "MASTER OF SCIENCE"**

#### **§ 1 HOCHSCHULGRAD**

Nachdem die nach § 2 erforderlichen 120 Leistungspunkte erworben wurden, verleiht die Hochschule den Hochschulgrad "Master of Science" (abgekürzt: "MSc.") im Fach Chemie. Darüber stellt die Hochschule ein Zeugnis mit Diploma Supplement sowie eine Urkunde mit dem Datum des Zeugnisses aus (Anlagen 2 und 3).

#### **§ 2 REGELSTUDIENZEIT UND GLIEDERUNG DES STUDIUMS**

- (1) Die Studienzeit, in der das Studium abgeschlossen werden kann, beträgt einschließlich der Master-Arbeit vier Semester (Regelstudienzeit). Das Lehrangebot ist so gestaltet, dass die Studierenden den Master-Grad innerhalb der Regelstudienzeit erwerben können.
- (2) Das Master-Studium gliedert sich in einen Pflicht-, einen Wahlpflicht- und einen Professionalisierungsteil, sowie eine abschließende wissenschaftliche Master-Arbeit. Der Pflichtteil umfasst 18, der Wahlpflichtteil 60, der Professionalisierungsteil 12 und die Master-Arbeit 30 Leistungspunkte (Anlage 1).
- (3) Das Studium gliedert sich in Module. Die Prüfungsvoraussetzungen und -anforderungen der Module ergeben sich aus der Anlage 5 und 6. Für jedes Modul wird vom Prüfungsausschuss eine Modulbeauftragte oder ein Modulbeauftragter bestellt. Weiteres regeln § 3 und § 4.
- (4) Der Pflichtteil muss von allen Masterstudierenden der Chemie bestanden werden und umfasst die Module „Chemische Struktur und Mechanismen“ sowie „Chemische Analyse und Synthese“ mit je 9 Leistungspunkten.
- (5) Im Wahlpflichtteil müssen sich Studierende für eine der vier Vertiefungsrichtungen „Biologische Chemie“, „Biophysikalische Chemie“, „Organische und Anorganische Chemie“ oder „Angewandte Chemie in Technik und Umwelt“ entscheiden. Innerhalb einer dieser Vertiefungsrichtungen müssen folgende Studienleistungen erbracht werden: Zwei Module im Umfang von je 8 Leistungspunkten sowie zwei Forschungspraktika im Umfang von je 14 Leistungspunkten sowie die Master-Arbeit. Zwei weitere Module mit je 8 Leistungspunkten müssen entweder aus dem Bereich derselben oder einer beliebigen anderen Vertiefungsrichtung des Master-Studienganges Chemie gewählt werden.
- (6) Die im Professionalisierungsteil bzw. der Master-Arbeit zu erbringenden Leistungen ergeben sich aus § 5 und § 6.
- (7) Besonders qualifizierte Studierende können – vorbehaltlich der gesetzlichen Rahmenbedingungen - nach 2 Semestern in den Promotionsstudiengang Chemie an der TU Braunschweig wechseln; Näheres regelt die Ordnung über die Feststellung der Eignung und die Zulassung für den Promotionsstudiengang Chemie. Bei einem Wechsel aus dem Promotionsstudiengang Chemie zurück in den Masterstudiengang werden die Prüfungs- und Studienleistungen gemäß § 6 der Allgemeinen Prüfungsordnung anerkannt.

### **§ 3 ZULASSUNGSVORAUSSETZUNGEN FÜR DIE PRÜFUNGEN**

Sofern bestimmte Prüfungs- oder Studienleitungen zur Teilnahme an einer Prüfung als Vorleistung erbracht werden müssen, so ergibt sich dies aus der Anlage 5.

### **§ 4 ART UND UMFANG DER PRÜFUNGEN**

- (1) Ein Modul wird in der Regel durch eine schriftliche Abschlussprüfung (Klausur) oder durch Teilprüfungen abgeschlossen. Der erfolgreiche Abschluss eines Moduls wird durch die Modulbeauftragte oder den Modulbeauftragten bescheinigt.
- (2) Die Prüferinnen und Prüfer können anstelle von Klausuren auch mündliche Prüfungen durchführen. Dies ist den Studierenden rechtzeitig zu Beginn eines Semesters mitzuteilen.
- (3) Die Bearbeitungszeit für eine Klausur beträgt je nach Vorgabe der Prüfer 1 – 4 Stunden. Eine mündliche Prüfung, die auch schriftliche Elemente enthalten kann, dauert 30 – 60 Minuten. Bei der Festlegung der Bearbeitungsdauer ist die Anzahl der dem Modul zugeordneten Leistungspunkte zu berücksichtigen.
- (4) Für jede Prüfungsleistung sind maximal zwei Wiederholungen zulässig. Ansonsten gelten die Regelungen des § 13, Absatz 1 sowie Absätze 3 bis 7 der Allgemeinen Prüfungsordnung.
- (5) Für die Verleihung des Hochschulgrades nach § 1 sollen neben der Master-Arbeit und den Bescheinigungen für Masterabschlußprüfung, Forschungspraktika und den Professionalisierungsbereich nur komplette Modulabschlußscheine vorgelegt werden. Legen die Prüflinge im Professionalisierungsbereich Leistungsnachweise vor, deren Leistungspunkte nicht exakt den unter § 2 Absatz 2 angeforderten Werten entsprechen sondern darüber liegen, so wird die Gesamtnote gewichtet entsprechend der Leistungspunkte aller mindestens nötigen Bescheinigungen. Es jedoch nicht zulässig, mehr Bescheinigungen anzurechnen, als für die Erreichung der unter § 2 Absatz 2 geforderten Leistungspunkte mindestens nötig sind.
- (6) Erreicht der Prüfling bei der Bildung der Gesamtnote einen Durchschnitt von 1,3 oder besser so wird ihm das Prädikat „mit Auszeichnung bestanden“ verliehen.

### **§ 5 PROFESSIONALISIERUNGSBEREICH**

- (1) Im Professionalisierungsbereich ist für alle Studierende eine einem Leistungspunkt entsprechende Exkursion zu einem Industrieunternehmen verpflichtend. Die übrigen Studien- und Prüfungsleistungen im Professionalisierungsbereich können nur in Veranstaltungen erbracht werden, die weder im Rahmen der Bachelorprüfungsordnung Chemie erbracht werden können noch aus den unter § 2 Absatz 4 und 5 beschriebenen Veranstaltungen gewählt werden können. Ausgenommen hiervon sind Veranstaltungen im Rahmen des Pool-Modells der TU Braunschweig, sofern sie nicht schon für den Bachelorabschluß angerechnet wurden. Die Leistungspunkte aus dem Professionalisierungsbereich können im Rahmen des Pool-Modells der TU Braunschweig, einer Veranstaltung eines beliebigen Master- oder Bachelor-Studienganges der TU Braunschweig oder auch im Rahmen von Betriebspraktika oder Exkursionen erbracht werden. Es dürfen keine Teilleistungen, die z.B. bereits außerhalb des Professionalisierungsbereiches für Modulabschlußscheine des Master Chemie erforderlich waren, nochmals im Professionalisierungsbereich angerechnet werden.

- (2) Mit Zustimmung des Prüfungsausschusses können auch Prüfungs- und Studienleistungen außerhalb eines Master- oder Bachelor-Studiengangs der TU Braunschweig erbracht werden. Studierende haben kein Anrecht auf Anrechnung solcher Leistungen und es liegt ausschließlich im Ermessen des Prüfungsausschusses ob einem Antrag auf Anrechnung stattgegeben wird. Studierende sind verpflichtet, rechtzeitig beim Prüfungsausschuss eine verbindliche Entscheidung zur Anrechenbarkeit der Leistung zu beantragen um die Studiendauer im Falle einer Ablehnung nicht unnötig zu verlängern.

## **§ 6 BESONDERE BEDINGUNGEN BEI DER MASTER-ARBEIT**

- (1) Die Master-Arbeit wird in der Regel im 4. Semester durchgeführt.
- (2) Das Thema der Master-Arbeit muss eine chemische Fragestellung im weiteren Sinne beinhalten. Ergänzend zu § 14 Absatz 3 der Allgemeinen Prüfungsordnung muss das Thema von einem im Bereich Chemie der Fakultät für Lebenswissenschaften tätigen Wissenschaftler vergeben werden, der stets auch der Erstreferent ist.
- (3) Die Master-Arbeit kann in deutscher oder englischer Sprache abgefasst werden.
- (4) Voraussetzung zur Zulassung zur Master-Arbeit ist, dass nachweislich Prüfungs- und Studienleistungen im Umfang von mindestens 82 Leistungspunkten erbracht wurden. Der Prüfungsausschuss kann in begründeten Fällen Ausnahmen von dieser Regelung zulassen.
- (5) Die Master-Arbeit soll innerhalb von 4 Wochen nach Abgabe von den Prüfern bewertet und innerhalb von 6 Wochen nach Abgabe im Rahmen eines Kolloquiums präsentiert werden. Zum Kolloquium können sich Studierende anmelden, wenn die Beurteilung beider Gutachter mindestens "ausreichend 4,0" lautet. Das Kolloquium besteht aus zwei Teilen – einer Darstellung der Ergebnisse der Master-Arbeit und einer Prüfung des allgemeinen Kenntnisstandes im gesamten Fachgebiet der Chemie. Es wird von zwei Prüfern abgenommen, deren fachliche Entfernung ausreichend ist, um den allgemeinen Kenntnisstand im gesamten Fachgebiet der Chemie zu prüfen. Bestehen Zweifel darüber, ob eine ausreichende fachliche Entfernung der Prüfer gegeben ist, so entscheidet der Prüfungsausschussvorsitzende.
- (6) Die Dauer des Kolloquiums soll in der Regel 45 Minuten betragen und 60 Minuten nicht überschreiten, wovon 15 Minuten der Vorstellung der Arbeit durch den Prüfling vorbehalten sind. Weitere 15 Minuten sollen jeweils der Verteidigung der Master-Arbeit sowie der Prüfung des allgemeinen Kenntnisstandes im gesamten Fachgebiet der Chemie vorbehalten sein.
- (7) Das Kolloquium wird mit einer Note gemäß § 12 der Allgemeinen Prüfungsordnung der TU Braunschweig bewertet. Lautet die Note der Verteidigung „nicht ausreichend“, kann auf Antrag des Prüflings bei der Fakultät das Kolloquium innerhalb von 8 Wochen einmal wiederholt werden. Die Gesamtnote der Master-Arbeit errechnet sich zu jeweils einem Drittel aus den beiden Noten der schriftlichen Gutachten zur Master-Arbeit und zu jeweils einem Sechstel aus den beiden Benotungen der Prüfer bei dem Kolloquium.

## **§ 7 DIPLOMÄQUIVALENZBESCHEINIGUNG**

- (1) Jedem Masterabsolventen wird eine Bescheinigung darüber ausgestellt, dass der erworbene Mastergrad zu einem Diplomabschluß in Bezug auf erworbene sowie nachgewiesene Fähigkeiten und Kenntnisse mindestens äquivalent ist (Anlage 4).

## STUDIENPLAN MASTER CHEMIE AN DER TU BRAUNSCHWEIG

Sem.

**Pflichtteil und Allgemeiner Teil**

ECTS

1 - 3	<b>Pflichtmodul 1:</b> Chemische Struktur und Mechanismen				9
	<b>Pflichtmodul 2:</b> Chemische Analyse und Synthese				9
	<b>Wahlpflichtmodul:</b> Modul aus beliebiger Vertiefungsrichtung				8
	<b>Wahlpflichtmodul:</b> Modul aus beliebiger Vertiefungsrichtung				8
	<b>Professionalisierungsmodul:</b> Industrieexkursion (Pflicht), Pool-LV, Sprachen, Betriebspraktikum etc.				12
	<b>Wahl einer Vertiefungsrichtung</b>				
	<b>Biologische Chemie</b>	<b>Biophysikalische Chemie</b>	<b>Organische und Anorganische Chemie</b>	<b>Angewandte Chemie in Technik und Umwelt</b>	
	<b>Wahlpflicht 1 und 2</b> 2 Module aus dem Vertiefungsbereich	<b>Wahlpflicht 1 und 2</b> 2 Module aus dem Vertiefungsbereich	<b>Wahlpflicht 1 und 2</b> 2 Module aus dem Vertiefungsbereich	<b>Wahlpflicht 1 und 2</b> 2 Module aus dem Vertiefungsbereich	8
					8
	<b>Forschungspraktikum A und B</b>	<b>Forschungspraktikum A und B</b>	<b>Forschungspraktikum A und B</b>	<b>Forschungspraktikum A und B</b>	14
3					14
4	<b>Masterarbeit Kolloquium</b>	<b>Masterarbeit Kolloquium</b>	<b>Masterarbeit Kolloquium</b>	<b>Masterarbeit Kolloquium</b>	30

120



**TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG**  
**(SIEGEL)**

**MASTER - URKUNDE**

**DIE TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG,  
FAKULTÄT FÜR LEBENSWISSENSCHAFTEN**

VERLEIHT MIT DIESER URKUNDE

**FRAU/HERRN <sup>+)</sup>** .....

GEBOREN AM ..... IN .....

DEN HOCHSCHULGRAD

**MASTER OF SCIENCE**

(ABGEKÜRZT: **M.Sc.**)

NACHDEM SIE/ER<sup>+)</sup> DIE MASTER-PRÜFUNG IM STUDIENGANG

**CHEMIE**

AM .....

BESTANDEN HAT.

(SIEGEL)

BRAUNSCHWEIG, DEN .....

DEKAN/IN

VORSITZENDE/R DES  
PRÜFUNGSAUSSCHUSSES

<sup>+)</sup>  Zutreffendes einfügen

<sup>1</sup> Die Ausgestaltung der Master-Urkunde obliegt der Leitung der Technischen Universität Braunschweig

# TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

(UNIVERSITY SEAL)

## MASTER'S DIPLOMA

IT IS HEREBY CERTIFIED THAT THE DEPARTMENT OF LIFE SCIENCE OF THE TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

AWARDS

**Ms./Mr.** <sup>+)</sup>  .....

BORN ON ..... IN .....

THE DEGREE OF

**MASTER OF SCIENCE**

(ABBR. **M.Sc.**)

AFTER HAVING PASSED THE MASTER'S EXAMINATION IN

**CHEMISTRY**

ON .....

(UNIVERSITY SEAL)

BRAUNSCHWEIG, .....

DEAN

CHAIR OF THE BOARD OF EXAMINERS

<sup>+)</sup>  COMPLETE AS APPROPRIATE

<sup>1</sup> The design of the Master's Diploma is incumbent on the administration of The Technische Universität Braunschweig.

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG**

**FAKULTÄT FÜR LEBENSWISSENSCHAFTEN**

**ZEUGNIS**

**ÜBER DIE MASTER-PRÜFUNG**

**FRAU/HERR<sup>+)</sup>**  .....

**GEBOREN AM .....** **IN .....**

**HAT DIE MASTER-PRÜFUNG IM STUDIENGANG**

**CHEMIE**

**MIT DER GESAMTNOTE**

**" "**

**BESTANDEN**

**<sup>+)</sup> ZUTREFFENDES EINFÜGEN**

**<sup>1</sup> Die Ausgestaltung des Master-Zeugnisses obliegt der Leitung der Technischen Universität Braunschweig**

# ANLAGE 3a: MASTER-ZEUGNIS

## PRÜFUNGS- UND STUDIENLEISTUNGEN

MODULE / VERANSTALTUNGEN	ART <sup>1</sup>	ECTS-PUNKTE <sup>3</sup>	NOTE <sup>4</sup>
--------------------------	------------------	--------------------------	-------------------

### 1. PFLICHTBEREICH

CHEMISCHE STRUKTUR UND MECHANISMEN	V, Ü	9	
CHEMISCHE ANALYSE UND SYNTHESE	V, P, Ü	9	
SUMME		18	

### 2. WAHLPFLICHTBEREICH, VERTIEFUNGSRICHTUNG

		8	
		8	
		8	
		8	
		14	
		14	
SUMME		60	

### 3. PROFESSIONALISIERUNGSBEREICH

SUMME			

### 4. MASTER-ARBEIT

TITEL:		30	
--------	--	----	--

NOTENDURCHSCHNITT <sup>4</sup>	
GESAMTNOTE <sup>4</sup>	" "
ECTS-NOTE <sup>4</sup>	

(SIEGEL) BRAUNSCHWEIG, DEN .....

DEKAN/IN<sup>+</sup>)

VORSITZENDE/R<sup>+</sup>) DES  
PRÜFUNGSAUSSCHUSSES

<sup>1)</sup> ART DER VERANSTALTUNG: E EXKURSION, P PRAKTIKUM, S SEMINAR, Ü ÜBUNG, V VORLESUNG

<sup>2)</sup> STUNDEN PRO WOCHE

<sup>3)</sup> EIN ECTS-LEISTUNGSPUNKT ENTSPRICHT EINEM ARBEITSAUFWAND VON ETWA 30 STUNDEN.

<sup>4)</sup> NOTENSKALEN:

A) EINZELNOTEN: 1,0/1,3/1,7/2,0/2,3/2,7/3,0/3,3/3,7/4,0

B) NOTENDURCHSCHNITT (D): NOTEN GEWICHTET NACH LEISTUNGSPUNKTEN, ANGABE MIT EINER KOMMASTELLE OHNE RUNDUNG.

C) MODULNOTEN BZW. GESAMTNOTE: SEHR GUT (1,0<D≤1,5), GUT (1,5<D≤2,5), BEFRIEDIGEND (2,5<D≤3,5), AUSREICHEND (3,5<D≤4,0). BEI D ≤ 1,3 WIRD ALS GESAMTNOTE DAS PRÄDIKAT "MIT AUSZEICHNUNG" VERGEBEN.

D) ECTS-NOTENSTUFE: A (BESTE 10 %), B (NÄCHSTE 25 %), C (NÄCHSTE 30 %), D (NÄCHSTE 25 %), E (NÄCHSTE 10 %).

## **Diploma Supplement**

Diese Diploma Supplement-Vorlage wurde von der Europäischen Kommission, dem Europarat und UNESCO/CEPES entwickelt. Das Diploma Supplement soll hinreichende Daten zur Verfügung stellen, die die internationale Transparenz und angemessene akademische und berufliche Anerkennung von Qualifikationen (Urkunden, Zeugnisse, Abschlüsse, Zertifikate, etc.) verbessern. Das Diploma Supplement beschreibt Eigenschaften, Stufe, Zusammenhang, Inhalte sowie Art des Abschlusses des Studiums, das von der in der Originalurkunde bezeichneten Person erfolgreich abgeschlossen wurde. Die Originalurkunde muss diesem Diploma Supplement beigelegt werden. Das Diploma Supplement sollte frei sein von jeglichen Werturteilen, Äquivalenzaussagen oder Empfehlungen zur Anerkennung. Es sollte Angaben in allen acht Abschnitten enthalten. Wenn keine Angaben gemacht werden, sollte dies durch eine Begründung erläutert werden.

---

### **1. ANGABEN ZUM INHABER/ZUR INHABERIN DER QUALIFIKATION**

**1.1 Familienname / 1.2 Vorname**

**1.3 Geburtsdatum, Geburtsort, Geburtsland**

**1.4 Matrikelnummer oder Code des/der Studierenden**

### **2. ANGABEN ZUR QUALIFIKATION**

**2.1 Bezeichnung der Qualifikation (ausgeschrieben, abgekürzt)**

Master of Science, M.Sc.

**Bezeichnung des Titels (ausgeschrieben, abgekürzt)**

entfällt

**2.2 Hauptstudienfach oder -fächer für die Qualifikation**

Chemie

**2.3 Name der Einrichtung, die die Qualifikation verliehen hat**

Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

**Status (Typ / Trägerschaft)**

Universität / Staatliche Einrichtung

**2.4 Name der Einrichtung, die den Studiengang durchgeführt hat**

Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

**Status (Typ / Trägerschaft)**

Universität / Staatliche Einrichtung

**2.5 Im Unterricht / In der Prüfung verwendete Sprache(n)**

Deutsch, Englisch

### 3. ANGABEN ZUR EBENE DER QUALIFIKATION

#### 3.1 Ebene der Qualifikation

Master-Studium, zweiter berufsqualifizierender Hochschulabschluss

#### 3.2 Dauer des Studiums (Regelstudienzeit)

2 Jahre (incl. Schriftliche Abschlussarbeit), 120 ECTS Leistungspunkte

#### 3.3 Zugangsvoraussetzung(en)

Bachelorabschluss oder vergleichbarer Abschluss im selben oder thematisch ähnlichen Gebiet

### 4. ANGABEN ZUM INHALT UND ZU DEN ERZIELTEN ERGEBNISSEN

#### 4.1 Studienform

Vollzeitstudium

#### 4.2 Anforderungen des Studiengangs/Qualifikationsprofil des Absolventen/der Absolventin

Gegenstand des Master-Studiums sind fachliche Vertiefungen und fortgeschrittene theoretische und praktische Kenntnisse der Chemie. Die Studierenden befassen sich im Pflichtteil mit Veranstaltungen über chemische Struktur und Mechanismen sowie chemischer Analyse und Synthese, die eine sehr breite und fundierte Ausbildung fortgeschrittener Aspekte der Chemie garantieren. Im Wahlpflichtteil entscheiden sich die Studierenden für eine der vier folgenden Vertiefungsrichtungen und erlangen in dieser vertiefte Kenntnisse:

- Biologische Chemie
- Biophysikalische Chemie
- Organische und Anorganische Chemie
- Angewandte Chemie in Technik und Umwelt

In den Vertiefungsrichtungen **„Biologischen Chemie“** und **„Biophysikalische Chemie“** erwerben die Studierenden vertiefte Kenntnisse chemischer Aspekte in der Biologie wobei der Schwerpunkt der Vertiefung **„Biologische Chemie“** u.A. auf Naturstoffchemie und molekularer Biotechnologie liegt und der Schwerpunkt der **„Biophysikalischen Chemie“** u.A. auf Biomolekularer und Biophysikalischer Analytik sowie der theoretischen Modellierungen von Biomolekülen. In beiden Vertiefungen werden auch wichtige Kenntnisse über Industrieanwendungen erworben. In der Vertiefungsrichtung **„Organische und Anorganische Chemie“** werden u.A. vertiefte Kenntnisse in der Synthesechemie sowie der Katalyse und der praktischen Strukturaufklärung von chemischen Molekülen erworben. In der Vertiefungsrichtung **„Angewandte Chemie in Technik und Umwelt“** werden u.A. vertiefte Kenntnisse industrieller Aspekte der Chemie wie z.B. Polymerchemie, Lebensmittelchemie oder Enzymtechnologie sowie Kenntnisse zu wichtigen Umweltaspekten wie Nachwachsende Rohstoffe oder Umweltchemie erworben.

In der gewählten Vertiefungsrichtung ist eine schriftliche Abschlussarbeit im Umfang von 30 ECTS Leistungspunkten zu erstellen.

Bis zu einem gewissen Grad können auch Veranstaltungen aus anderen als der gewählten Vertiefungsrichtungen erworben und angerechnet werden.

Alle Studierenden müssen berufsqualifizierende Zusatzqualifikationen erwerben, sie können unter Veranstaltungen wählen, die z.B. Sprachkompetenz, Sozialkompetenz, Projektmanagement und fremde Fachkulturen vermitteln.

Die Absolvent/innen beherrschen

- fortgeschrittene Labormethoden der Chemie und den sicheren Umgang mit Chemikalien.
- sind in der Lage, eine wissenschaftliche Publikation zu lesen und die darin beschriebenen Methoden in eigener Laborarbeit umzusetzen.
- können selbstständig eine wissenschaftliche Problemstellung lösen und dafür wissenschaftliche und technische Daten erarbeiten, interpretieren, bewerten und fundierte Urteile abgeben, die wissenschaftliche, technologische und ethische Aspekte berücksichtigen.
- können ihre erarbeiteten wissenschaftlichen Ergebnisse mündlich und schriftlich darstellen und diskutieren.
- können effizient mit Fachvertretern und mit anderen Zielgruppen kommunizieren
- sind befähigt eine wissenschaftliche Tätigkeit mit dem Ziel einer Promotion auszuüben

#### 4.3 Einzelheiten zum Studiengang

Einzelheiten zu den belegten Kursen und den erzielten Noten sind im „Prüfungszeugnis“ enthalten.

#### 4.4 Notensystem und Hinweise zur Vergabe von Noten

Mögliche Noten sind: 1,0 / 1,3 / 1,7 / 2,0 / 2,3 / 2,7 / 3,0 / 3,3 / 3,7 / 4,0. Die beste Note ist 1,0; zum bestehen einer Prüfung ist mindestens die Note 4,0 erforderlich.

Das Mittel ( $d$ ) der mit den Leistungspunkten gewichteten Einzelnoten der zugehörigen Prüfungsleitungen ( $d$  mit einer Dezimalstelle) bestimmt die Modul- bzw. die Gesamtnote: „sehr gut“ ( $1,0 \leq d \leq 1,5$ ), „gut“ ( $1,6 \leq d \leq 2,5$ ); „befriedigend“ ( $2,6 \leq d \leq 3,5$ ), „ausreichend“ ( $3,6 \leq d \leq 4,0$ ). Bei  $d \leq 1,3$  wird als Gesamtnote „mit Auszeichnung bestanden“ vergeben.

#### 4.5 Gesamtnote

**5. ANGABEN ZUM STATUS DER QUALIFIKATION****5.1 Zugang zu weiterführenden Studien**

Berechtigung zur Promotion unter Berücksichtigung weiterer Zugangsvoraussetzungen.

**5.2 Beruflicher Status**

entfällt

**6. WEITERE ANGABEN****6.1 Weitere Angaben**

entfällt

**6.2 Informationsquellen für ergänzende Angaben**

Die Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Chemie ist erhältlich bei der Fakultät für Lebenswissenschaften der TU Braunschweig, Pockelsstr. 14, 38106 Braunschweig, Deutschland.

**7. ZERTIFIZIERUNG**

Dieses Diploma Supplement nimmt Bezug auf folgende Original-Dokumente:

Urkunde über die Verleihung des Grades vom [Datum]

Prüfungszeugnis vom [Datum]

Transkript vom [Datum]

Datum der Zertifizierung:

Vorsitzender des Prüfungsausschusses

Offizieller Stempel/Siegel

**8. ANGABEN ZUM NATIONALEN HOCHSCHULSYSTEM**

Die Informationen über das nationale Hochschulsystem auf den folgenden Seiten geben Auskunft über den Grad der Qualifikation und den Typ der Institution, die sie vergeben hat.



## 8. INFORMATIONEN ZUM HOCHSCHULSYSTEM IN DEUTSCHLAND<sup>1</sup>

### 8.1 Die unterschiedlichen Hochschulen und ihr institutioneller Status

Die Hochschulausbildung wird in Deutschland von drei Arten von Hochschulen angeboten.<sup>2</sup>

- *Universitäten*, einschließlich verschiedener spezialisierter Institutionen, bieten das gesamte Spektrum akademischer Disziplinen an. Traditionell liegt der Schwerpunkt an deutschen Universitäten besonders auf der Grundlagenforschung, so dass das fortgeschrittene Studium vor allem theoretisch ausgerichtet und forschungsorientiert ist.

- *Fachhochschulen* konzentrieren ihre Studienangebote auf ingenieurwissenschaftliche und technische Fächer, wirtschaftswissenschaftliche Fächer, Sozialarbeit und Design. Der Auftrag von angewandter Forschung und Entwicklung impliziert einen klaren praxisorientierten Ansatz und eine berufsbezogene Ausrichtung des Studiums, was häufig integrierte und begleitete Praktika in Industrie, Unternehmen oder anderen einschlägigen Einrichtungen einschließt.

- *Kunst- und Musikhochschulen* bieten Studiengänge für künstlerische Tätigkeiten an, in Bildender Kunst, Schauspiel und Musik, in den Bereichen Regie, Produktion und Drehbuch für Theater, Film und andere Medien sowie in den Bereichen Design, Architektur, Medien und Kommunikation.

Hochschulen sind entweder staatliche oder staatlich anerkannte Institutionen. Sowohl in ihrem Handeln einschließlich der Planung von Studiengängen als auch in der Festsetzung und Zuerkennung von Studienabschlüssen unterliegen sie der Hochschulgesetzgebung.

### 8.2 Studiengänge und -abschlüsse

In allen drei Hochschultypen wurden die Studiengänge traditionell als integrierte „lange“ (einstufige) Studiengänge angeboten, die entweder zum Diplom oder zum Magister Artium führen oder mit einer Staatsprüfung abschließen.

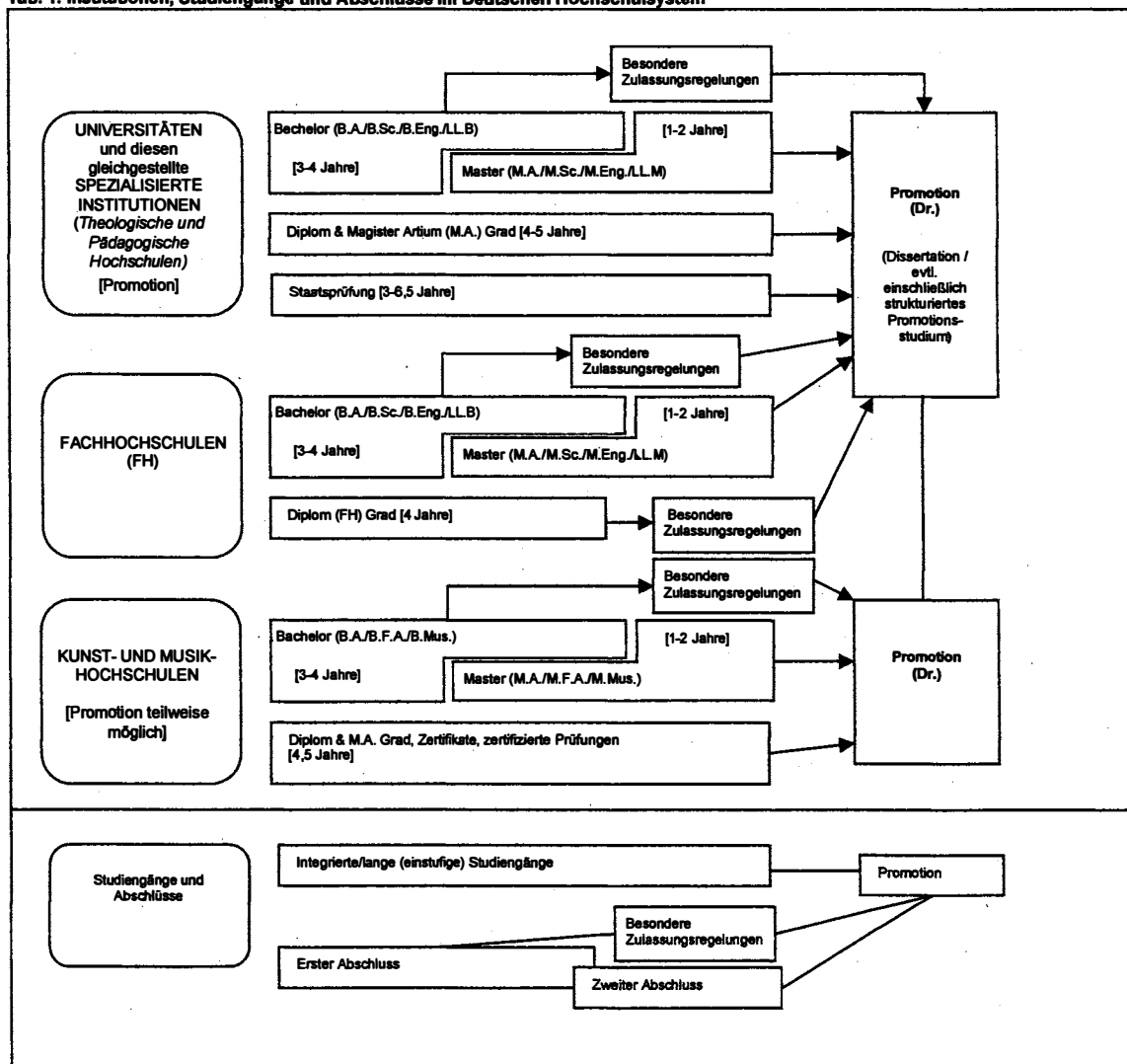
Im Rahmen des Bologna-Prozesses wird das einstufige Studiensystem sukzessive durch ein zweistufiges ersetzt. Seit 1998 besteht die Möglichkeit, parallel zu oder anstelle von traditionellen Studiengängen gestufte Studiengänge (Bachelor und Master) anzubieten. Dies soll den Studierenden mehr Wahlmöglichkeiten und Flexibilität beim Planen und Verfolgen ihrer Lernziele bieten, sowie Studiengänge international kompatibler machen.

Einzelheiten s. Abschnitte 8.4.1, 8.4.2 bzw. 8.4.3 Tab. 1 gibt eine zusammenfassende Übersicht.

### 8.3 Anerkennung/Akkreditierung von Studiengängen und Abschlüssen

Um die Qualität und die Vergleichbarkeit von Qualifikationen sicher zu stellen, müssen sich sowohl die Organisation und Struktur von Studiengängen als auch die grundsätzlichen Anforderungen an Studienabschlüsse an den Prinzipien und Regelungen der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder (KMK) orientieren.<sup>3</sup> Seit 1999 existiert ein bundesweites Akkreditierungssystem für Studiengänge unter der Aufsicht des Akkreditierungsrates, nach dem alle neu eingeführten Studiengänge akkreditiert werden. Akkreditierte Studiengänge sind berechtigt, das Qualitätssiegel des Akkreditierungsrates zu führen.<sup>4</sup>

Tab. 1: Institutionen, Studiengänge und Abschlüsse im Deutschen Hochschulsystem



#### 8.4 Organisation und Struktur der Studiengänge

Die folgenden Studiengänge können von allen drei Hochschultypen angeboten werden. Bachelor- und Masterstudiengänge können nacheinander, an unterschiedlichen Hochschulen, an unterschiedlichen Hochschultypen und mit Phasen der Erwerbstätigkeit zwischen der ersten und der zweiten Qualifikationsstufe studiert werden. Bei der Planung werden Module und das Europäische System zur Akkumulation und Transfer von Kreditpunkten (ECTS) verwendet, wobei einem Semester 30 Kreditpunkte entsprechen.

##### 8.4.1 Bachelor

In Bachelorstudiengängen werden wissenschaftliche Grundlagen, Methodenkompetenz und berufsfeldbezogene Qualifikationen vermittelt. Der Bachelorabschluss wird nach 3 bis 4 Jahren vergeben.

Zum Bachelorstudiengang gehört eine schriftliche Abschlussarbeit. Studiengänge, die mit dem Bachelor abgeschlossen werden, müssen gemäß dem Gesetz zur Errichtung einer Stiftung zur Akkreditierung von Studiengängen in Deutschland akkreditiert werden.<sup>5</sup>

Studiengänge der ersten Qualifikationsstufe (Bachelor) schließen mit den Graden Bachelor of Arts (B.A.), Bachelor of Science (B.Sc.), Bachelor of Engineering (B.Eng.), Bachelor of Laws (LL.B.), Bachelor of Fine Arts (B.F.A.) oder Bachelor of Music (B.Mus.) ab.

##### 8.4.2 Master

Der Master ist der zweite Studienabschluss nach weiteren 1 bis 2 Jahren. Masterstudiengänge sind nach den Profiltypen „stärker anwendungsorientiert“ und „stärker forschungsorientiert“ zu differenzieren. Die Hochschulen legen für jeden Masterstudiengang das Profil fest.

Zum Masterstudiengang gehört eine schriftliche Abschlussarbeit. Studiengänge, die mit dem Master abgeschlossen werden, müssen gemäß dem Gesetz zur Errichtung einer Stiftung zur Akkreditierung von Studiengängen in Deutschland akkreditiert werden.<sup>6</sup>

Studiengänge der zweiten Qualifikationsstufe (Master) schließen mit den Graden Master of Arts (M.A.), Master of Science (M.Sc.), Master of Engineering (M.Eng.), Master of Laws (LL.M.), Master of Fine Arts (M.F.A.) oder Master of Music (M.Mus.) ab. Weiterbildende Masterstudiengänge, sowie solche, die inhaltlich nicht auf den vorangegangenen Bachelorstudiengang aufbauen können andere Bezeichnungen erhalten (z.B. MBA).

##### 8.4.3 Integrierte „lange“ einstufige Studiengänge: Diplom, Magister Artium, Staatsprüfung

Ein integrierter Studiengang ist entweder mono-disziplinär (Diplomabschlüsse und die meisten Staatsprüfungen) oder besteht aus einer Kombination von entweder zwei Hauptfächern oder einem Haupt- und zwei Nebenfächern (Magister Artium). Das Vorstudium (1,5 bis 2 Jahre) dient der breiten Orientierung und dem Grundlagenwerb im jeweiligen Fach. Eine Zwischenprüfung (bzw. Vordiplom) ist Voraussetzung für die Zulassung zum Hauptstudium, d.h. zum fortgeschrittenen Studium und der Spezialisierung. Voraussetzung für den Abschluss sind die Vorlage einer schriftlichen Abschlussarbeit (Dauer bis zu 6 Monaten) und umfangreiche schriftliche und mündliche Abschlussprüfungen. Ähnliche Regelungen gelten für die Staatsprüfung. Die erworbene Qualifikation entspricht dem Master.

- Die Regelstudienzeit an *Universitäten* beträgt bei integrierten Studiengängen 4 bis 5 Jahre (Diplom, Magister Artium) oder 3 bis 6,5 Jahre (Staatsprüfung). Mit dem Diplom werden ingenieur-, natur- und wirtschaftswissenschaftliche Studiengänge abgeschlossen. In den Geisteswissenschaften ist der entsprechende Abschluss in der Regel der Magister Artium (M.A.). In den Sozialwissenschaften variiert die Praxis je nach Tradition der jeweiligen Hochschule. Juristische, medizinische, pharmazeutische und Lehramtsstudiengänge schließen mit der Staatsprüfung ab.

Die drei Qualifikationen (Diplom, Magister Artium und Staatsprüfung) sind akademisch gleichwertig. Sie bilden die formale Voraussetzung zur Promotion. Weitere Zulassungsvoraussetzungen können von der Hochschule festgelegt werden, s. Abschnitt 8.5.

- Die Regelstudienzeit an *Fachhochschulen* (FH) beträgt bei integrierten Studiengängen 4 Jahre und schließt mit dem Diplom (FH) ab. Fachhochschulen haben kein Promotionsrecht; qualifizierte Absolventen können sich für die Zulassung zur Promotion an promotionsberechtigten Hochschulen bewerben, s. Abschnitt 8.5.

- Das Studium an *Kunst- und Musikhochschulen* ist in seiner Organisation und Struktur abhängig vom jeweiligen Fachgebiet und der individuellen Zielsetzung. Neben dem Diplom- bzw. Magisterabschluss gibt es bei integrierten Studiengängen Zertifikate und zertifizierte Abschlussprüfungen für spezielle Bereiche und berufliche Zwecke.

##### 8.5 Promotion

Universitäten sowie gleichgestellte Hochschulen und einige Kunst- und Musikhochschulen sind promotionsberechtigt. Formale Voraussetzung für die Zulassung zur Promotion ist ein qualifizierter Masterabschluss (Fachhochschulen und Universitäten), ein Magisterabschluss, ein Diplom, eine Staatsprüfung oder ein äquivalenter ausländischer Abschluss. Besonders qualifizierte Inhaber eines Bachelorgrades oder eines Diplom (FH) können ohne einen weiteren Studienabschluss im Wege eines Eignungsfeststellungsverfahrens zur Promotion zugelassen

werden. Die Universitäten bzw. promotionsberechtigten Hochschulen regeln sowohl die Zulassung zur Promotion als auch die Art der Eignungsprüfung. Voraussetzung für die Zulassung ist außerdem, dass das Promotionsprojekt von einem Hochschullehrer als Betreuer angenommen wird.

##### 8.6 Benotungsskala

Die deutsche Benotungsskala umfasst üblicherweise 5 Grade (mit zahlenmäßigen Entsprechungen; es können auch Zwischennoten vergeben werden): „Sehr gut“ (1), „Gut“ (2), „Befriedigend“ (3), „Ausreichend“ (4), „Nicht ausreichend“ (5). Zum Bestehen ist mindestens die Note „Ausreichend“ (4) notwendig. Die Bezeichnung für die Noten kann in Einzelfällen und für den Doktorgrad abweichen.

Außerdem verwenden Hochschulen zum Teil bereits die ECTS-Benotungsskala, die mit den Graden A (die besten 10%), B (die nächsten 25%), C (die nächsten 30%), D (die nächsten 25%) und E (die nächsten 10%) arbeitet.

##### 8.7 Hochschulzugang

Die Allgemeine Hochschulreife (Abitur) nach 12 bis 13 Schuljahren ermöglicht den Zugang zu allen Studiengängen. Die Fachgebundene Hochschulreife ermöglicht den Zugang zu bestimmten Fächern. Das Studium an Fachhochschulen ist auch mit der Fachhochschulreife möglich, die in der Regel nach 12 Schuljahren erworben wird. Der Zugang zu Kunst- und Musikhochschulen kann auf der Grundlage von anderen bzw. zusätzlichen Voraussetzungen zum Nachweis einer besonderen Eignung erfolgen.

Die Hochschulen können in bestimmten Fällen zusätzliche spezifische Zulassungsverfahren durchführen.

##### 8.8 Informationsquellen in der Bundesrepublik

- Kultusministerkonferenz (KMK) (Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland); Lennestr. 6, D-53113 Bonn; Fax: +49(0)228/501-229; Tel.: +49(0)228/501-0
- Zentralstelle für ausländisches Bildungswesen (ZaB) als deutsche NARIC; www.kmk.org; E-Mail: zab@kmk.org
- „Dokumentations- und Bildungsinformationsdienst“ als deutscher Partner im EURYDICE-Netz, für Informationen zum Bildungswesen in Deutschland (www.kmk.org/doku/bildungswesen.htm; E-Mail: eurydice@kmk.org)
- Hochschulrektorenkonferenz (HRK); Ahstr. 39, D-53175 Bonn; Fax: +49(0)228/887-110; Tel.: +49(0)228/887-0; www.hrk.de; E-Mail: sekr@hrk.de
- „Hochschulkompass“ der Hochschulrektorenkonferenz, enthält umfassende Informationen zu Hochschulen, Studiengängen etc. (www.hochschulkompass.de)

- 1 Die Information berücksichtigt nur Aspekte, die direkt das Diploma Supplement betreffen. Informationsstand 1.7.2005
- 2 Berufsakademien sind keine Hochschulen, es gibt sie nur in einigen Bundesländern. Sie bieten Studiengänge in enger Zusammenarbeit mit privaten Unternehmen an. Studierende erhalten einen offiziellen Abschluss und machen eine Ausbildung im Betrieb. Manche Berufsakademien bieten Bachelorstudiengänge an, deren Abschlüsse einem Bachelorgrad einer Hochschule gleichgestellt werden können, wenn sie von einer deutschen Akkreditierungsagentur akkreditiert sind.
- 3 Ländergemeinsame Strukturvorgaben gemäß § 9 Abs. 2 HRG für die Akkreditierung von Bachelor- und Masterstudiengängen (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 10.10.2003 i.d.F. vom 21.4.2005).
- 4 „Gesetz zur Errichtung einer Stiftung „Stiftung zur Akkreditierung von Studiengängen in Deutschland“, in Kraft getreten am 26.02.05, GV. NRW. 2005, Nr 5, S. 45, in Verbindung mit der Vereinbarung der Länder zur Stiftung „Stiftung zur Akkreditierung von Studiengängen in Deutschland“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004).
- 5 Siehe Fußnote Nr. 4.
- 6 Siehe Fußnote Nr. 4.

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG**

**FAKULTÄT FÜR LEBENSWISSENSCHAFTEN**

**MASTER'S CERTIFICATE**

**Ms./Mr.<sup>+)</sup> .....**

**BORN ON ..... IN .....**

**HAS PASSED THE MASTER'S EXAMINATION IN**

**CHEMISTRY**

**WITH THE ALLOVER GRADE OF**

**" "**

**<sup>+)</sup> AS APPROPRIATE**

<sup>1</sup> The design of the Master's Certificate is incumbent on the administration of The Technische Universität Braunschweig.

# ANLAGE 3b: MASTER'S CERTIFICATE

## RECORD OF COURSES AND EXAMINATION RESULTS

MODULES / COURSES	TYPE <sup>1</sup>	ECTS-POINTS <sup>2</sup>	GRADE <sup>3</sup>
-------------------	-------------------	--------------------------	--------------------

### 1. COMPULSORY DISCIPLINES

CHEMICAL STRUCTURE AND MECHANISMS	L, E	9	
CHEMICAL ANALYSIS AND SYNTHESIS	L, P, E	9	

SUM 18

### 2. STUDY FOCUS, FOCUS

		8	
		8	
		8	
		8	
		14	
		14	

SUM 60

### 3. KEY QUALIFICATIONS


SUM

### 4. MASTER THESIS

TITLE:		30	
--------	--	----	--

AVERAGE GRADE <sup>3</sup>	
OVERALL GRADE <sup>3</sup>	“ ”
ECTS GRADE <sup>3</sup>	

(UNIVERSITY SEAL) BRAUNSCHWEIG, DEN .....

DEAN

CHAIR OF BOARD OF EXAMINERS

<sup>1)</sup> TYPE OF INSTRUCTION: E EXERCISE, EX EXCURSION, L LECTURE, P PRACTICAL LABORATORY COURSE, S SEMINAR

<sup>2)</sup> 1 ECTS CREDIT POINT CORRESPONDS TO A TOTAL STUDENT WORKLOAD OF APPROX. 30 HOURS.

<sup>3)</sup> GRADING SCALES:

A) INDIVIDUAL GRADES: 1.0/1.3/1.7/2.0/2.3/2.7/3.0/3.3/3.7/4.0; (PASS = NO GRADES GIVEN).

B) AVERAGE GRADE (D): ECTS-WEIGHED AVERAGE OF THE INDIVIDUAL GRADES (WITHOUT VALUES IN BRACKETS).

C) MODULE GRADES AND OVERALL GRADE: VERY GOOD (1,0 < D ≤ 1,5), GOOD (1,5 < D ≤ 2,5), SATISFACTORY (2,5 < D ≤ 3,5),

SUFFICIENT (3,5 < D ≤ 4,0). WITH AN AVERAGE GRADE D ≤ 1.3 THE OVERALL GRADE "PASSED WITH DISTINCTION" IS ASSIGNED.

D) ECTS GRADES: A (BEST 10 %), B (NEXT 25 %), C (NEXT 30 %), D (NEXT 25 %), E (NEXT 10 %).

## Diploma Supplement

This Diploma Supplement model was developed by the European Commission, Council of Europe and UNESCO/CEPES. The purpose of the supplement is to provide sufficient independent data to improve the international 'transparency' and fair academic and professional recognition of qualifications (diplomas, degrees, certificates etc.). It is designed to provide a description of the nature, level, context, content and status of the studies that were pursued and successfully completed by the individual named on the original qualification to which this supplement is appended. It should be free from any value judgements, equivalence statements or suggestions about recognition. Information in all eight sections should be provided. Where information is not provided, an explanation should give the reason why.

---

### 1. HOLDER OF THE QUALIFICATION

1.1 Family Name / 1.2 First Name

1.3 Date, Place, Country of Birth

1.4 Student ID Number or Code

### 2. QUALIFICATION

2.1 Name of Qualification (full, abbreviated; in original language)

Master of Science, M.Sc.

Title Conferred (full, abbreviated; in original language)

Not applicable

2.2 Main Field(s) of Study

Chemistry

2.3 Institution Awarding the Qualification (in original language)

Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Status (Type / Control)

University / State Institution

2.4 Institution Administering Studies (in original language)

Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Status (Type / Control)

University / State Institution

2.5 Language(s) of Instruction/Examination

German, English

Certification Date:

---

Chairman Examination Committee

### 3. LEVEL OF THE QUALIFICATION

#### 3.1 Level

Graduate

#### 3.2 Official Length of Programme

2 years full-time study (120 ECTS)

#### 3.3 Access Requirements

Bachelor degree or similar degree in the same or thematically related field

### 4. CONTENTS AND RESULTS GAINED

#### 4.1 Mode of Study

Full-time

#### 4.2 Programme Requirements/Qualification Profile of the Graduate

Purpose of the Master study program is professional consolidation and advanced theoretical and practical knowledge of chemistry. Compulsory courses for all students cover lectures about Chemical Structure and Mechanisms as well as Chemical Analysis and Synthesis, which provide a broadly based and substantiated education in advanced aspects of chemistry. The Students choose the ir study focus of their study from four different focus areas:

- Biological Chemistry
- Biophysical Chemistry
- Organic and Inorganic Chemistry
- Applied Chemistry in Engineering and Environment

□

Within the focus area **"Biological Chemistry"** and **"Biophysical Chemistry"** the students obtain advanced knowledge in chemical aspects of biology. The emphasis in **"Biological Chemistry"** the emphasis lies, among other things, in natural products and molecular biology. The focal point in **"Biophysical Chemistry"** is biomolecular and biophysical analysis as well as theoretical modeling of biomolecules. In both areas the students obtain knowledge about industrial applications. The area **"Organic and Inorganic Chemistry"** covers chemical synthesis as well as catalysis and practical structure elucidation of chemical molecules. Within the focus area **"Applied Chemistry in Engineering and Environment"** the students take advanced courses covering industrial applications of chemistry, e.g. polymer science, food chemistry or enzyme technology as well as important environmental issues as renewable raw materials or environmental chemistry.

The students have to submit a thesis (30 ECTS) within their chosen focus area.

To a certain degree the students have to choose courses from outside their chosen focus area.

All students are required to take courses that improve their professional skills; they may choose among from courses mainly designed to improve skills in foreign languages skills, social skills, project management and trans-disciplinary competences.

Certification Date:

---

Chairman Examination Committee

## The graduates

- master advanced laboratory methods in chemistry and the safe handling of chemicals.
- are able to read and understand a scientific publication and transfer the described methods into their respective laboratory work.
- are able to solve a scientific problem by compiling scientific and technical data; to analyse, evaluate and discuss the results and to deliver a well-grounded founded evaluation by taking into account scientific, technological and ethical aspects into account.
- are able to communicate their scientific results in written and verbal form (in writing and speech).
- are able to discuss their scientific results with scientific experts and other target groups.
- are able to carry out an scientific occupation to achieve a doctoral degree.

### 4.3 Programme Details

Details on the taken courses and the achieved grades are listed in the "Master's certificate".

### 4.4 Grading Scheme

Possible grades are: 1.0 / 1.3 / 1.7 / 2.0 / 2.3 / 2.7 / 3.0 / 3.3 / 3.7 / 4.0. The best grade is 1.0; the minimum grade for passing an examination is 4.0.

The credits-weighted average (d) of the individual grades in the examinations (d cut off after the first digit) determines the module and the overall grade: „sehr gut“ ( $1.0 \leq d \leq 1.5$ ), „gut“ ( $1.6 \leq d \leq 2.5$ ); „befriedigend“ ( $2.6 \leq d \leq 3.5$ ), „ausreichend“ ( $3.6 \leq d \leq 4.0$ ). With an average grade  $d \leq 1.3$  the overall grade „mit Auszeichnung bestanden“ (passed with distinction) is assigned.

### 4.5 Overall Classification (in original language)

**5. FUNCTION OF THE QUALIFICATION****5.1 Access to Further Study**

Access to study as a Ph.D. student in accordance with further admission regulations

**5.2 Professional Status**

Not applicable

**6. ADDITIONAL INFORMATION****6.1 Additional Information**

More details on the qualification profile are given in the *Specific Examination Regulations for the Master's Course in Chemistry*.

**6.2 Further Information Sources**

The *Specific Examination Regulations for the Master's Course in Chemistry* are available from the Fakultät für Lebenswissenschaften, TU Braunschweig, Pockelsstr. 14, 38106 Braunschweig, Germany.

**7. CERTIFICATION**

This Diploma Supplement refers to the following original documents:

Master's diploma dated [Date]

Master's certificate dated [Date]

Transcript of Records dated [Date]

Certification Date: \_\_\_\_\_

Chairman Examination Committee

(Official Stamp/Seal)

**8. NATIONAL HIGHER EDUCATION SYSTEM**

The information on the national higher education system on the following pages provides a context for the qualification and the type of higher education that awarded it.



## 8. INFORMATION ON THE GERMAN HIGHER EDUCATION SYSTEM<sup>1</sup>

### 8.1 Types of Institutions and Institutional Status

Higher education (HE) studies in Germany are offered at three types of Higher Education Institutions (HEI).<sup>2</sup>

- *Universitäten* (Universities) including various specialized institutions, offer the whole range of academic disciplines. In the German tradition, universities focus in particular on basic research so that advanced stages of study have mainly theoretical orientation and research-oriented components.

- *Fachhochschulen* (Universities of Applied Sciences) concentrate their study programmes in engineering and other technical disciplines, business-related studies, social work, and design areas. The common mission of applied research and development implies a distinct application-oriented focus and professional character of studies, which include integrated and supervised work assignments in industry, enterprises or other relevant institutions.

- *Kunst- und Musikhochschulen* (Universities of Art/Music) offer studies for artistic careers in fine arts, performing arts and music; in such fields as directing, production, writing in theatre, film, and other media; and in a variety of design areas, architecture, media and communication.

Higher Education Institutions are either state or state-recognized institutions. In their operations, including the organization of studies and the designation and award of degrees, they are both subject to higher education legislation.

### 8.2 Types of Programmes and Degrees Awarded

Studies in all three types of institutions have traditionally been offered in integrated "long" (one-tier) programmes leading to *Diplom-* or *Magister Artium* degrees or completed by a *Staatsprüfung* (State Examination).

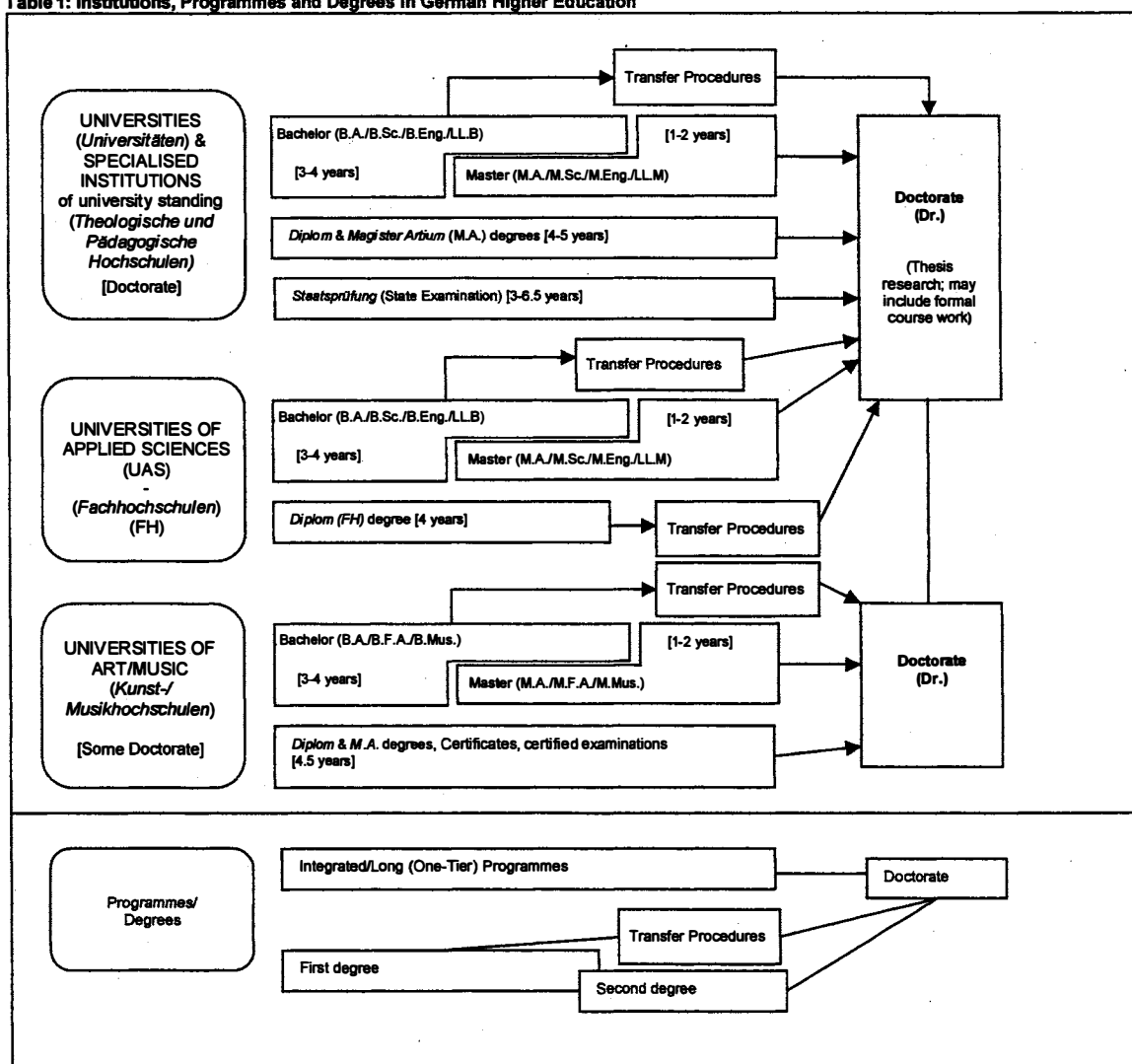
Within the framework of the Bologna-Process one-tier study programmes are successively being replaced by a two-tier study system. Since 1998, a scheme of first- and second-level degree programmes (Bachelor and Master) was introduced to be offered parallel to or instead of integrated "long" programmes. These programmes are designed to provide enlarged variety and flexibility to students in planning and pursuing educational objectives, they also enhance international compatibility of studies.

For details cf. Sec. 8.4.1, 8.4.2, and 8.4.3 respectively. Table 1 provides a synoptic summary.

### 8.3 Approval/Accreditation of Programmes and Degrees

To ensure quality and comparability of qualifications, the organization of studies and general degree requirements have to conform to principles and regulations established by the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany (KMK).<sup>3</sup> In 1999, a system of accreditation for programmes of study has become operational under the control of an Accreditation Council at national level. All new programmes have to be accredited under this scheme; after a successful accreditation they receive the quality-label of the Accreditation Council.<sup>4</sup>

Table 1: Institutions, Programmes and Degrees in German Higher Education



#### 8.4 Organization and Structure of Studies

The following programmes apply to all three types of institutions. Bachelor's and Master's study courses may be studied consecutively, at various higher education institutions, at different types of higher education institutions and with phases of professional work between the first and the second qualification. The organization of the study programmes makes use of modular components and of the European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS) with 30 credits corresponding to one semester.

##### 8.4.1 Bachelor

Bachelor degree study programmes lay the academic foundations, provide methodological skills and lead to qualifications related to the professional field. The Bachelor degree is awarded after 3 to 4 years. The Bachelor degree programme includes a thesis requirement. Study courses leading to the Bachelor degree must be accredited according to the Law establishing a Foundation for the Accreditation of Study Programmes in Germany.<sup>5</sup>

First degree programmes (Bachelor) lead to Bachelor of Arts (B.A.), Bachelor of Science (B.Sc.), Bachelor of Engineering (B.Eng.), Bachelor of Laws (LL.B.), Bachelor of Fine Arts (B.F.A.) or Bachelor of Music (B.Mus.).

##### 8.4.28.2 Master

Master is the second degree after another 1 to 2 years. Master study programmes must be differentiated by the profile types "more practice-oriented" and "more research-oriented". Higher Education Institutions define the profile of each Master study programme.

The Master degree study programme includes a thesis requirement. Study programmes leading to the Master degree must be accredited according to the Law establishing a Foundation for the Accreditation of Study Programmes in Germany.<sup>6</sup>

Second degree programmes (Master) lead to Master of Arts (M.A.), Master of Science (M.Sc.), Master of Engineering (M.Eng.), Master of Laws (LL.M.), Master of Fine Arts (M.F.A.) or Master of Music (M.Mus.). Master study programmes, which are designed for continuing education or which do not build on the preceding Bachelor study programmes in terms of their content, may carry other designations (e.g. MBA).

##### 8.4.38.3 Integrated "Long" Programmes (One-Tier): Diplom degrees, Magister Artium, Staatsprüfung

An integrated study programme is either mono-disciplinary (*Diplom* degrees, most programmes completed by a *Staatsprüfung*) or comprises a combination of either two major or one major and two minor fields (*Magister Artium*). The first stage (1.5 to 2 years) focuses on broad orientations and foundations of the field(s) of study. An Intermediate Examination (*Diplom-Vorprüfung* for *Diplom* degrees; *Zwischenprüfung* or credit requirements for the *Magister Artium*) is prerequisite to enter the second stage of advanced studies and specializations. Degree requirements include submission of a thesis (up to 6 months duration) and comprehensive final written and oral examinations. Similar regulations apply to studies leading to a *Staatsprüfung*. The level of qualification is equivalent to the Master level.

- Integrated studies at *Universitäten (U)* last 4 to 5 years (*Diplom* degree, *Magister Artium*) or 3 to 6.5 years (*Staatsprüfung*). The *Diplom* degree is awarded in engineering disciplines, the natural sciences as well as economics and business. In the humanities, the corresponding degree is usually the *Magister Artium* (M.A.). In the social sciences, the practice varies as a matter of institutional traditions. Studies preparing for the legal, medical, pharmaceutical and teaching professions are completed by a *Staatsprüfung*.

The three qualifications (*Diplom*, *Magister Artium* and *Staatsprüfung*) are academically equivalent. They qualify to apply for admission to doctoral studies. Further prerequisites for admission may be defined by the Higher Education Institution, cf. Sec. 8.5.

- Integrated studies at *Fachhochschulen (FH)*/Universities of Applied Sciences (UAS) last 4 years and lead to a *Diplom (FH)* degree. While the *FH/UAS* are non-doctorate granting institutions, qualified graduates may apply for admission to doctoral studies at doctorate-granting institutions, cf. Sec. 8.5.

- Studies at *Kunst- und Musikhochschulen* (Universities of Art/Music etc.) are more diverse in their organization, depending on the field and individual objectives. In addition to *Diplom/Magister* degrees, the integrated study programme awards include Certificates and certified examinations for specialized areas and professional purposes.

##### 8.58.9 Doctorate

Universities as well as specialized institutions of university standing and some Universities of Art/Music are doctorate-granting institutions. Formal prerequisite for admission to doctoral work is a qualified Master (UAS and U), a *Magister* degree, a *Diplom*, a *Staatsprüfung*, or a foreign

equivalent. Particularly qualified holders of a Bachelor or a *Diplom (FH)* degree may also be admitted to doctoral studies without acquisition of a further degree by means of a procedure to determine their aptitude. The universities respectively the doctorate-granting institutions regulate entry to a doctorate as well as the structure of the procedure to determine aptitude. Admission further requires the acceptance of the Dissertation research project by a professor as a supervisor.

##### 8.68.10 Grading Scheme

The grading scheme in Germany usually comprises five levels (with numerical equivalents; intermediate grades may be given): "*Sehr Gut*" (1) = Very Good; "*Gut*" (2) = Good; "*Befriedigend*" (3) = Satisfactory; "*Ausreichend*" (4) = Sufficient; "*Nicht ausreichend*" (5) = Non-Sufficient/Fail. The minimum passing grade is "*Ausreichend*" (4). Verbal designations of grades may vary in some cases and for doctoral degrees.

In addition institutions may already use the ECTS grading scheme, which operates with the levels A (best 10 %), B (next 25 %), C (next 30 %), D (next 25 %), and E (next 10 %).

##### 8.78.11 Access to Higher Education

The General Higher Education Entrance Qualification (*Allgemeine Hochschulreife, Abitur*) after 12 to 13 years of schooling allows for admission to all higher educational studies. Specialized variants (*Fachgebundene Hochschulreife*) allow for admission to particular disciplines. Access to *Fachhochschulen* (UAS) is also possible with a *Fachhochschulreife*, which can usually be acquired after 12 years of schooling. Admission to Universities of Art/Music may be based on other or require additional evidence demonstrating individual aptitude. Higher Education Institutions may in certain cases apply additional admission procedures.

##### 8.88.12 National Sources of Information

- Kultusministerkonferenz (KMK) [Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany]; Lennéstrasse 6, D-53113 Bonn; Fax: +49[0]228/501-229; Phone: +49[0]228/501-0
- Central Office for Foreign Education (ZaB) as German NARIC; www.kmk.org; E-Mail: zab@kmk.org
- "Documentation and Educational Information Service" as German EURYDICE-Unit, providing the national dossier on the education system (www.kmk.org/doku/bildungswesen.htm; E-Mail: eurydice@kmk.org)
- Hochschulrektorenkonferenz (HRK) [German Rectors' Conference]; Ahlstrasse 39, D-53175 Bonn; Fax: +49[0]228/887-110; Phone: +49[0]228/887-0; www.hrk.de; E-Mail: sekret@hrk.de
- "Higher Education Compass" of the German Rectors' Conference features comprehensive information on institutions, programmes of study, etc. (www.higher-education-compass.de)

- 1 The information covers only aspects directly relevant to purposes of the Diploma Supplement. All information as of 1 July 2005.
- 2 *Berufsakademien* are not considered as Higher Education Institutions, they only exist in some of the *Länder*. They offer educational programmes in close cooperation with private companies. Students receive a formal degree and carry out an apprenticeship at the company. Some *Berufsakademien* offer Bachelor courses which are recognized as an academic degree if they are accredited by a German accreditation agency.
- 3 Common structural guidelines of the *Länder* as set out in Article 9 Clause 2 of the Framework Act for Higher Education (HRG) for the accreditation of Bachelor's and Master's study courses (Resolution of the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany of 10.10.2003, as amended on 21.4.2005).
- 4 "Law establishing a Foundation 'Foundation for the Accreditation of Study Programmes in Germany'", entered into force as from 26.2.2005, GV. NRW. 2005, nr. 5, p. 45 in connection with the Declaration of the *Länder* to the Foundation "Foundation: Foundation for the Accreditation of Study Programmes in Germany" (Resolution of the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the *Länder* in the Federal Republic of Germany of 16.12.2004).
- 5 See note No. 4.
- 6 See note No. 4.

**DIPLOMÄQUIVALENZBESCHEINIGUNG**

DER VON DER

**DIE TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG**

**FAKULTÄT FÜR LEBENSWISSENSCHAFTEN**

AN

**FRAU/HERRN<sup>+)</sup>** .....

GEBOREN AM ..... IN .....

AM ..... VERLIEHENE HOCHSCHULGRAD

MASTER OF SCIENCE  
IM STUDIENGANG CHEMIE IST EINEM

**DIPLOM-ABSCHLUSS DER CHEMIE**

**MIT EINER NOTE ....**

IN BEZUG AUF ERWORBENE KENNTNISSE UND FÄHIGKEITEN MINDESTENS GLEICHWERTIG.

BRAUNSCHWEIG, DEN .....

(SIEGEL DER TU BRAUNSCHWEIG)

DEKAN/IN

VORSITZENDE/R DES  
PRÜFUNGSAUSSCHUSSES

<sup>+)</sup>  ZUTREFFENDES EINFÜGEN

**CERTIFICATE OF EQUIVALENCE**

THE DEGREE MASTER OF SCIENCE IN CHEMISTRY GRANTED TO

**Ms./Mr.**<sup>+)</sup> .....

BORN ON ..... IN .....

**BY THE**

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG**

**FAKULTÄT FÜR LEBENSWISSENSCHAFTEN**

ON ..... IS AT LEAST EQUIVALENT TO A DEGREE

**DIPLOMA IN CHEMISTRY**

**WITH AN OVERALL GRADE OF....**

WITH RESPECT TO ACADEMIC KNOWLEDGE AND SKILLS.

BRAUNSCHWEIG, .....

(UNIVERSITY SEAL)

DEAN

CHAIR, BOARD OF EXAMINERS

<sup>+)</sup> AS APPROPRIATE

**ANLAGE 5: MODULLISTE - PFLICHTMODULE**

10100 Chemische Struktur und Mechanismen		Modul LP: 9	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
10110	Reaktionsmechanismen	V	K
10120	Molekülspektroskopie	V	K
10121	Übung zur Molekülspektroskopie	Ü	LN

10200 Chemische Analyse und Synthese		Modul LP: 9	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
10210	Praktikum Analytische Chemie	P	EA
10211	Seminar zum Praktikum Analytische Chemie	S	LN
10220	Synthese und Organometallchemie	V+Ü	K

**ANLAGE 5: MODULLISTE - VERTIEFUNG „BIOLOGISCHE CHEMIE“**

20100 Mikrobiologie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
20110	Einführung in die Mikrobiologie	V	K
20120	Mikrobiologisches Einführungspraktikum	P	EA
20121	Seminar zur Mikrobiologie	S	LN

20200 Praktische Strukturaufklärung		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
20210	Massenspektrometrie	V	K
20220	NMR-Spektroskopie	V	K
20230	Übung Strukturaufklärung	Ü	LN

20300 Natur- und Wirkstoffe		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
20310	Naturstoffchemie <i>oder alternativ</i>	V	K
20311	Bioorganische Chemie		
20320	Medizinische Chemie <i>oder alternativ</i>	V	K
20321	Supramolekulare Chemie		
20330	Seminar Natur- und Wirkstoffe	S	LN

20400 Molekulare Biotechnologie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
20410	Molekulare Biotechnologie	V	K
20411	Übung/Praxis Molekulare Biotechnologie	P	EA

20500 Praktikum Biologische Chemie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
20510	Biologisch relevante Synthesen und Analyseverfahren	P	EA
20511	Seminar Biologisch relevante Synthesen und Analyseverfahren	S	LN

**ANLAGE 5: MODULLISTE - VERTIEFUNG „BIOLOGISCHE CHEMIE“**

<b>20600</b>		<b>Forschungspraktikum Biologische Chemie A</b>	<b>Modul LP: 14</b>	
<b>Nr.</b>	<b>Veranstaltung</b>		<b>Art</b>	<b>Prfg.</b>
20610	Forschungspraktikum Biologische Chemie A		P	EA
20611	Seminar zum Forschungspraktikum Biologische Chemie A		S	LN

<b>20700</b>		<b>Forschungspraktikum Biologische Chemie B</b>	<b>Modul LP: 14</b>	
<b>Nr.</b>	<b>Veranstaltung</b>		<b>Art</b>	<b>Prfg.</b>
20710	Forschungspraktikum Biologische Chemie B		P	EA
20711	Seminar mit Vortrag zum Forschungspraktikum Biologische Chemie B		S	LN

**ANLAGE 5: MODULLISTE - VERTIEFUNG „BIOPHYSIKALISCHE CHEMIE“**

30100 Biochemie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
30110	Biochemie 1	V	K
30111	Biochemie 2	V	K
30120	Übung/Praxis in Biochemie	Ü	LN

30200 Biophysikalische Chemie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
30210	Biophysikalische Chemie	V	K
30211	Übung zur Biophysikalischen Chemie	Ü	LN
30220	Angewandte Biophysikalische Chemie	V	K
30230	Exkursion Biophysikalische Chemie	E	LN

30300 Aufklärung und Modellierung biologischer Strukturen		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
30310	Biomolekulare Modellierungen	V	K
30311	Übung Biomolekulare Modellierungen	Ü	LN
30320	Biochemische Strukturanalyse	V	K
30321	Praktikum Strukturbiologie	P	EA

30400 Theoretische Biophysikalische Chemie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
30410	Fortgeschrittene Quantenchemie und –biologie <i>oder alternativ</i>	V	K
30411	Spektroskopische Methoden der Quantenchemie und –biologie <i>jeweils mit Übung und Praktikum</i>	Ü P	LN EA

20400 Molekulare Biotechnologie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
20410	Molekulare Biotechnologie	V	K
20411	Übung/Praxis Molekulare Biotechnologie	P	EA



**ANLAGE 5: MODULLISTE - VERTIEFUNG „BIOPHYSIKALISCHE CHEMIE“**

30500 Technische Biochemie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
30510	Technische Biochemie 1	V	K
30511	Technische Biochemie 2	V	K
30520	Übung/Praxis in Technischer Biochemie	Ü	LN

30600 Fortgeschrittene Physikalische Chemie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
30610	Statistische Thermodynamik <i>oder alternativ</i>	V+Ü	K
30611	Reaktionsdynamik <i>oder alternativ</i>		
30612	Kinetik heterogener Prozesse <i>oder alternativ</i>		
30613	Festkörperchemie		
30620	Experimentaltail Physikalische Chemie	P	EA

30700 Forschungspraktikum Physikalische Chemie A		Modul LP: 14	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
30710	Praktikum fortgeschrittene Physikalische Chemie	P	EA
30720	Forschungspraktikum Physikalische Chemie A	P	EA
30721	Interdisziplinäres Seminar zum Forschungspraktikum Physikalische Chemie A	S	LN

30800 Forschungspraktikum Physikalische Chemie B		Modul LP: 14	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
30810	Forschungspraktikum Physikalische Chemie B	P	EA
30811	Seminar zum Forschungspraktikum Physikalische Chemie B mit Vortrag	S	LN

**ANLAGE 5: MODULLISTE - VERTIEFUNG „ORGANISCHE UND ANORGANISCHE CHEMIE“**

40100 Synthese		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
40110	Synthesemethoden	V	K
40111	Übung Synthesemethoden	Ü	LN

40200 Katalyse		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
40210	Angewandte homogene Katalyse	V	K
40220	Katalytische Polymersynthesen	V	K
40230	Praktikum Metallkatalyse	P	EA

40300 Theorie und Struktur		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
40310	Röntgenstrukturanalyse	V	K
40311	Übung Röntgenstrukturanalyse	Ü	LN
40320	Strukturvorhersage	V	K
40321	Übung Computerchemie	Ü	LN

20200 Praktische Strukturaufklärung		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
20210	Massenspektrometrie	V	K
20220	NMR-Spektroskopie	V	K
20230	Übung Strukturaufklärung	Ü	LN

20300 Natur- und Wirkstoffe		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
20310	Naturstoffchemie <i>oder alternativ</i>	V	K
20311	Bioorganische Chemie		
20320	Medizinische Chemie <i>oder alternativ</i>	V	K
20321	Supramolekulare Chemie		
20330	Seminar Natur- und Wirkstoffe	S	LN

**ANLAGE 5: MODULLISTE - VERTIEFUNG „ORGANISCHE UND ANORGANISCHE CHEMIE“**

40400 Präparative Chemie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
40410	Praktikum Präparative Chemie	P	EA
40411	Übung Präparative Chemie	Ü	LN

40500 Forschungspraktikum Anorganische Chemie A		Modul LP: 14	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
40510	Forschungspraktikum Anorganische Chemie A	P	EA
40511	Seminar zum Forschungspraktikum Anorganische Chemie A	S	LN

40600 Forschungspraktikum Anorganische Chemie B		Modul LP: 14	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
40610	Forschungspraktikum Anorganische Chemie B	P	EA
40611	Seminar mit Vortrag zum Forschungspraktikum Anorganische Chemie B	S	LN

40700 Forschungspraktikum Organische Chemie A		Modul LP: 14	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
40710	Forschungspraktikum Organische Chemie A	P	EA
40711	Seminar zum Forschungspraktikum Organische Chemie A	S	LN

40800 Forschungspraktikum Organische Chemie B		Modul LP: 14	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
40810	Forschungspraktikum Organische Chemie B	P	EA
40811	Seminar mit Vortrag zum Forschungspraktikum Organische Chemie B	S	LN

**ANLAGE 5: MODULLISTE - VERTIEFUNG „ANGEWANDTE CHEMIE IN TECHNIK UND UMWELT“**

50100 Enzymtechnologie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
50110	Enzymtechnologie	V	K
50120	Instrumentelle Analytik	V	K
50121	Praktikum Instrumentelle Analytik	P	EA

50200 Kohlenhydrattechnologie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
50210	Kohlenhydrattechnologie	V	K
50220	Umweltbiotechnologie	V	K
50230	Übung/Praxis zur Kohlenhydrattechnologie und Umweltbiotechnologie	Ü	LN

50300 Nachwachsende Rohstoffe		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
50310	Heterogene Katalyse 1 + 2	V	K
50320	Chemieprodukte aus nachwachsenden Rohstoffen 1+2	V	K
50330	Praktikum Konversion nachwachsender Rohstoffe	P	EA
50331	Seminar Nachwachsende Rohstoffe	S	LN

30500 Technische Biochemie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
30510	Technische Biochemie 1	V	K
30511	Technische Biochemie 2	V	K
30520	Übung/Praxis in Technischer Biochemie	Ü	LN

50400 Mehrphasen-Reaktionstechnik		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
50410	Mehrphasenreaktoren	V	K
50420	Master-Praktikum TC	P	EA

**ANLAGE 5: MODULLISTE - VERTIEFUNG „ANGEWANDTE CHEMIE IN TECHNIK UND UMWELT“**

50500 Industrielle Chemie und Umweltschutz		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
50510	Industrielle Chemie	V	K
50520	Produktionsintegrierter Umweltschutz	V	K
50530	Interdisziplinäres Seminar TC+MC+TB	S	LN

50600 Einführung in die Polymerchemie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
50610	Einführung in die Polymerchemie	V	K
50611	Praktikum Polymerchemie	P	EA

50700 Polymeranalytik		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
50710	Polymeranalytik	V	K
50720	Analytik von Biopolymeren	V	K
50730	Praktikum Polymeranalytik	P	EA

40200 Katalyse		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
40210	Angewandte homogene Katalyse	V	K
40220	Katalytische Polymersynthesen	V	K
40230	Praktikum Metallkatalyse	P	EA

50800 Ökologische Chemie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
50810	Umweltchemie	V	K
50820	Umweltanalytik 1 (AC)	Ü	LN
50821	Umweltanalytik 2 (OC)	Ü	LN
50830	Xenobiotika in der Umwelt	V	K

**ANLAGE 5: MODULLISTE - VERTIEFUNG „ANGEWANDTE CHEMIE IN TECHNIK UND UMWELT“**

50900 Nachhaltige Chemie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
50910	Energie- und Kraftstoffforschung	V	K
50920	Abgasmesstechnik	Ü	LN
50930	Industrielle Umweltchemie	V	K
50940	Hochtemperaturchemie	Ü	LN

51000 Lebensmittelchemie		Modul LP: 8	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
51010	<i>2 der 3 folgenden Vorlesungen:</i>	V	K
	Chemie und Technologie der Lebensmittel I: Proteine	V	K
	Chemie und Technologie der Lebensmittel II: Kohlenhydrate		
	Chemie und Technologie der Lebensmittel III: Lipide		
51020	Lebensmittelchemisches Seminar	S	LN

51100 Forschungspraktikum Angewandte Chemie A		Modul LP: 14	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
51110	Forschungspraktikum Angewandte Chemie A	P	EA
51111	Interdisziplinäres Seminar zum Forschungspraktikum Angewandte Chemie A	S	LN

51200 Forschungspraktikum Angewandte Chemie B		Modul LP: 14	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
51210	Forschungspraktikum Angewandte Chemie B	P	EA
51211	Interdisziplinäres Seminar mit Vortrag zum Forschungspraktikum Angewandte Chemie B	S	LN

**ANLAGE 5: PROFESSIONALISIERUNGSMODUL / MODUL MASTERARBEIT**

60100 Professionalisierungsmodul		Modul LP: 12	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
60110	Industrieexkursion (1 LP)	Ex	LN
	und weitere Lehrveranstaltungen im Umfang von 11 LP		

70100 Modul Masterarbeit		Modul LP: 30	
Nr.	Veranstaltung	Art	Prfg.
70110	Masterarbeit		
70120	Kolloquium		

## 10100 Chemische Struktur und Mechanismen

### Qualifikationsziele:

Das Modul vermittelt vertiefte Kenntnisse über chemische Reaktionsmechanismen und über das moderne Verständnis der chemischen Bindung sowie der Aufklärung der chemischen Struktur mittels spektroskopischen Verfahren.

### Inhalte:

Die Vorlesung **Reaktionsmechanismen** umfasst folgende Lehrinhalte: Substitutionen, Additionen, Eliminierung, Umlagerungen. Reaktionsmechanismen: Grundlagen, Aufklärung, Nachweise. Carbonationen und ihre Reaktionen, Nucleophile Substitution am gesättigten C-Atom, Elektro- und nucleophile Substitution an aromatischen Systemen, Carbanionen: Literatur, Bildung, Stabilität, Tautometrie Reaktionen. Radikale: Herstellung, Nachweis, Struktur, Reaktion. Lineare freie Enthalpie-Beziehungen: Hammett-Gleichung und ihre Anwendung. Pericyclische Reaktion.

Die Vorlesung und Übung **Molekülspektroskopie** umfasst die quantenmechanische Beschreibung der Struktur, Bindungen und spektroskopischen Eigenschaften von Atomen und Molekülen. Die Vorlesung umfasst folgende Lehrinhalte: Wiederholung quantenmechanischer Prinzipien, die chemische Bindung, Molekülspektren, moderne spektroskopische Techniken.

## 10200 Chemische Analyse und Synthese

### Qualifikationsziele:

Das Modul vermittelt vertiefte Kenntnisse in der Beherrschung spezieller Analysenmethoden sowie der Synthese mit Schwerpunkt in der Koordinationschemie, Organometallchemie und der Bioorganischen Chemie.

### Inhalte:

In **Praktikum Analytische Chemie** werden moderne Messtechniken zur qualitativen und quantitativen Analyse erlernt. Dabei werden Übungen an verschiedenen Messgeräten durchgeführt: Gaschromatographie (GC), Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC), Massenspektrometrie (MS), Atomabsorptionschromatographie (AAS), Optische Emissionsspektrometrie (ICP-OES), Ionenchromatographie (IC). Das Praktikum wird durch ein Seminar begleitet.

Die Vorlesung **Organometallchemie** umfaßt folgende Lehrinhalte: Koordinationschemie der Übergangsmetalle. Übersicht über Zentralatom- und Ligandtypen, harte und weiche Säuren und Basen. Koordinationszahlen, geometrische Anordnungen, Typen von Isomerie in Komplexen. Bindungsverhältnisse in Koordinationsverbindungen: Kristallfeldtheorie, MO-Methode, Magnetismus und Farbe von Übergangsmetallkomplexen. Bildung und Beständigkeit von Komplexen; Chelat- und Makrocycleneffekte, Substitutions- und Redoxreaktionen. Koordinationsverbindungen mit CO, NO, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> und PR<sub>3</sub>-Liganden; biologische Bedeutung, technische Anwendungen. Übergangsmetallorganische Verbindungen: Alkyl-, Carben- und Carbinkomplexe, Typen von Pi-Komplexen; ausgewählte synthetische und katalytische Anwendungen. Bioorganische Aspekte der Koordinationschemie. Bioorganische Chemie und Umweltaspekte essentielle und toxische Elemente. Geochemische und kernchemische Aspekte des natürlichen Vorkommens der Elemente. Evolution der Atmosphäre, Luftschadstoffe. Metall in Organismen; Ausgewählte Beispiele von Heteroatomenzymen, z. B. Hämoglobin, Ferredoxine, Glutathionperoxidasen, Deiodinasen, photosynthetisches System. Beispiele aus aktueller Forschung. Organometallchemie, Hauptgruppenelementorganyle, Organische Verbindungen der Gruppe 12, Übergangsmetallorganyle. Ligandentypen, Cluster, Metallorganische Katalyse. Struktur-Bindung-Reaktivitätsbeziehungen.



20100 Mikrobiologie

Qualifikationsziele:

Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse der Biologie von Mikroorganismen, deren Zellstrukturen, Physiologie, Genetik und Ökologie sowie von mikrobiologischen Arbeitstechniken und Methoden. Sie werden befähigt, ihre Kenntnisse in Theorie und Praxis selbständig anzuwenden, Zusammenhänge zu erkennen und Arbeitsergebnisse zu bewerten.

Inhalte:

In der Vorlesung **Einführung in die Mikrobiologie** werden folgende Grundlagen behandelt: Überblick über die Mikroorganismen, Struktur und Funktion von Prokaryoten, Zellwandaufbau, Oberflächenstrukturen, Wachstum und Kultivierung von Mikroorganismen, bakterielle Zellteilung, genereller Energie- und Leistungsstoffwechsel, Stoffwechselvielfalt der Mikroorganismen.

Im **Mikrobiologischen Einführungspraktikum** werden mikrobiologische Grundtechniken, Sicherheit im mikrobiologischen Labor, aseptisches Arbeiten, Sterilisationsmethoden, Mikroskopie, Färbung von Bakterien, Kulturtechniken, Anaerobierkulturtechniken, Zellzahlbestimmung, Identifizieren von Bakterien, Anreicherung von Mikroorganismen und Gewinnung einer Reinkultur erlernt. Die Studierenden werden befähigt, selbständig, sicher und fachgerecht wissenschaftliche Problemstellungen in Praktika und im Forschungslabor zu bearbeiten.

20200 Praktische Strukturaufklärung

Qualifikationsziele:

Erwerb von theoretischen und praktischen Kenntnissen zur Strukturaufklärung anorganischer, organischer und metallorganischer Molekülverbindungen.

Inhalte:

Themen der Vorlesungen **Grundlagen der Massenspektrometrie** und **Moderne Methoden der Massenspektrometrie** sind: Instrumentelle Grundlagen der MS, Interpretation von Isotopenmustern, Prinzipien der Elektronenionisierung, Vorstellung grundlegender Fragmentierungsmechanismen, Diskussion spezieller Fragmentierungsmechanismen bei EI-MS, Einführung schonender Ionisierungsmethoden, Vertiefende Behandlung instrumenteller Aspekte. Die zweitgenannte Vorlesung setzt den Stoff der erstgenannten voraus.

Die Vorlesung **Grundlagen der NMR-Spektroskopie** behandelt die nachstehenden Themen in anschaulicher und nicht-mathematischer Form: physikalische Prinzipien des NMR-Experiments und experimentelle Durchführung, Einfluss chemischer Parameter auf die chemischen Verschiebungen von  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  und wichtigen Heterokernen ( $^{15}\text{N}$ ,  $^{19}\text{F}$ ,  $^{31}\text{P}$ ), Spin-Spin-Kopplungskonstanten und ihre Beziehungen zur Molekülstruktur, Analyse von Spin-Kopplungsmustern, wichtige eindimensionale NMR-Experimente (dynamische NMR, NOE, Entkopplung, Multiplizitätsselektion bei Heterokernen), wichtige zweidimensionale NMR-Experimente (homo- und heteronucleare Verschiebungskorrelationen, die auf Spin-Kopplung, NOE oder chemischem Austausch beruhen,  $J$ -aufgelöste Spektren).

In der **Übung zur Strukturaufklärung** wird die Ableitung von Molekülstrukturen behandelt. Hierbei wird eine Kombination verschiedener spektroskopischer Methoden angewandt, vorwiegend eindimensionale NMR-Spektroskopie, diverse zweidimensionale NMR-Techniken und, falls im Einzelfall erforderlich, Infrarotspektroskopie und Massenspektrometrie.

### 20300 Natur- und Wirkstoffe

Qualifikationsziele:

Kenntnis der in der Natur vorkommenden Verbindungen, Primär und Sekundärmetaboliten, Synthese von Naturstoffen, Supramolekulare Systeme zur Erkennung von Wirkstoffen, Medizinisch wichtige Verbindungen. Verständnis von Biopolymeren und deren Wechselwirkung mit kleinen Molekülen. Funktion von Enzymen. Wirkungen und Einsatzmöglichkeiten von Proteinen.

Inhalte:

In der Vorlesung **Naturstoffchemie** werden die verschiedenen in der Natur vorkommenden primären Stoffklassen wie Aminosäuren, Kohlenhydrate, Fette und Nukleinsäuren vorgestellt. Zu diesen gesellen sich sekundäre Naturstoffklassen wie Terpene, Polyketide, Aromatische Verbindungen oder Alkaloide. Dazu werden synthetische Zugänge zu diesen Substanzklassen sowie ihre Modifizierung erläutert. Biosynthetische Wege werden als Ordnungsprinzipien eingeführt, so dass die Bildung der grossen Diversität verstanden werden kann.

Die Vorlesung **Bioorganische Chemie** behandelt die Chemie der Biooligomere, also der Nukleinsäuren, Peptide, Oligosaccharide und Polyketide, die zentral für alle Lebensprozesse sind. Besonderer Wert wird auf das genaue mechanistische Verständnis des chemischen Ab- und Aufbaus von Biooligomeren gelegt. Die Vorlesung ist hochauflösendes Komplement zur apparativen Betrachtung der Bereitstellung von Biooligomeren in der Biologie. Angesichts der Entwicklung der Lebenswissenschaften hin zu atomarer Auflösung ist die Vorlesung auch für biochemisch interessierte Studierende interessant.

In der Vorlesung **Supramolekulare Chemie** werden folgende Themen vorgestellt: Molekulare Erkennung, nichtkovalente Wechselwirkungen, Selbstorganisation in biologischen Systemen (reine Selbstorganisation, Selbstorganisation mit kovalenter Modifikation), Selbstorganisation in chemischen Systemen (diskrete cyclische Aggregate, helicale Strukturen, synthetische Ionenkanäle, Rotaxane, Catenane, künstliche Enzyme, selbstreplizierende Systeme, Selbstorganisation von Mesogenen und Amphiphilen, Modellmembranen, supramolekulare Synthone), Künstliche Rezeptoren (Kronenether, Cryptanden, Podanden, Calixarene, Spheranden, Cryptophane, Cyclodextrine), Bioorganische Modellverbindungen, Photosensible Wirt-Gast-Systeme, Chemische Sensoren, Flüssigkristalle.

Die Vorlesung **Medizinische Chemie** hat folgenden Inhalt: Wirkstoffentdeckung ohne Leitstruktur, Suche nach Leitstrukturen, Beispiele für Medikamente auf der Basis der Naturstoffe, Modifizierung der Leitstruktur (Struktur-Wirkungs-Beziehungen, Bioisostere Modifizierungen, nichtklassische Bioisostere, klassische Isostere), aktuelle rechnergestützte Methoden zur Suche nach neuen Leitstrukturen, Induzierte Anpassung von Rezeptoren an ihre Wirkstoffe, Formbarkeit des Rezeptors und Vielfältigkeit der Liganden, Enzyminhibierung, DNA-Interkalatoren, Prodrugs und Systeme zum Transport und zur Freisetzung von Medikamenten, Metabolisierung von Wirkstoffen, Wirkstoffresistenz.

Im **Seminar Natur- und Wirkstoffe** werden ausgewählte Themen aus den Bereichen Naturstoffchemie und Wirkstoffchemie behandelt. Dazu arbeiten Studierende Seminarbeiträge aus, die vertiefte Einblicke in besondere Themen ermöglichen.

### 20400 Molekulare Biotechnologie

Qualifikationsziele:

Die Studierenden lernen, die Grundlagen der molekularen Biotechnologie zu verstehen und diese Kenntnisse auf Anwendungen wie rekombinante Produktion von Biomolekülen, Protein-Engineering, kombinatorische Methoden und Metabolic Engineering zu übertragen. Ausser erwerben sie die praktische Kompetenz in grundlegenden Methoden der molekularen Biotechnologie.

## **ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „BIOLOGISCHE CHEMIE“**

### Inhalte:

Themen der Vorlesung **Molekulare Biotechnologie** sind: Rekombinante Produktion in transgenen Organismen, Einführung in das Protein-Engineering (Fusionsproteine, Design, Expression, Produktion anhand ausgewählter Beispiele), Tag-Systeme und Inclusion Bodies, Rekombinante Proteintherapeutika, molekulare Diagnostik, Gentherapie, Molecular Pharming, Kombinatorische Methoden (Enzymoptimierung, 2Hybrid, Ribosomal display, Phage display, Aptamere), Metagenomik, Nanobiotechnologie, Metabolic Engineering.

**Praktikum Molekulare Biotechnologie:** Klonierung von Antikörpergenen, Analyse der Klonierung mittels PCR, Restriktionsverdau und Sequenzierung, Produktion und Aufreinigung von rekombinanten Antikörpern im bakteriellen System. Analyse der produzierten Antikörper mittels SDS-PAGE, Westernblot und ELISA.

### **20500 Praktikum Biologische Chemie**

#### Qualifikationsziele:

Erwerb praktischer Erfahrungen in der Synthese, Analyse und Charakterisierung von Naturstoffen und deren Mimetika.

#### Inhalte:

Im Praktikum **Biologisch relevante Synthesen und Analyseverfahren** werden folgende Schwerpunkte vermittelt: Methoden zur Planung komplexerer Synthesen, Charakterisierung von organischen Substanzen, Spektreninterpretation, Schutzgastechiken, Trennmethode, Abfallentsorgung, Syntheseplanung, elektronische Literaturrecherche, Dokumentation (Laborbuch) und Veröffentlichung experimenteller Ergebnisse.

Im **Seminar Biologisch relevante Synthesen und Analyseverfahren** werden theoretische Aspekte mit direktem Bezug zu den Schwerpunkten des Praktikums unter aktiver Beteiligung der Studenten behandelt.

### **20600 Forschungspraktikum Biologische Chemie A**

#### Qualifikationsziele:

Erwerb vertiefender und spezieller Praxiskenntnisse über die Synthese, Charakterisierung, Analyse und Isolierung von Naturstoffen und deren Analoga durch Mitarbeit an einem aktuellen Forschungsprojekt im Bereich der Biologischen Chemie.

#### Inhalte:

Das **Forschungspraktikum Biologische Chemie A** ermöglicht die Bearbeitung von Teilaspekten eines aktuellen Forschungsvorhabens im Bereich der Biologischen Chemie.

Im **Seminar zum Forschungspraktikum Biologische Chemie A** werden aktuelle Forschungsergebnisse präsentiert und zur Diskussion gestellt.

### **20700 Forschungspraktikum Biologische Chemie B**

#### Qualifikationsziele:

Erwerb von weiteren vertiefenden und speziellen Praxiskenntnissen über die Synthese, Charakterisierung, Analyse und Isolierung von Naturstoffen und deren Analoga durch Mitarbeit an einem weiteren aktuellen Forschungsprojekt im Bereich der Biologischen Chemie, Fähigkeit zur Präsentation eigener Forschungsergebnisse.

#### Inhalte:

Im **Forschungspraktikum Biologische Chemie B** werden ebenfalls Teilaspekte eines aktuellen Forschungsvorhabens im Bereich der Biologischen Chemie bearbeitet.

Darüberhinaus stellen die Studierenden in einem Vortrag die eigenen Ergebnisse der Forschungspraktika im **Seminar mit Vortrag zum Forschungspraktikum Biologische Chemie B** vor.

### **30100 Biochemie**

Qualifikationsziele:

In dem Modul Biochemie werden die wichtigsten Grundlagen über Biomoleküle, biochemische Zusammenhänge und Mechanismen sowie der Biochemie, Biotechnologie und Zellbiologie vermittelt. Darüberhinaus wird die Befähigung zur Durchführung von biochemischen Forschungsarbeiten unter Anleitung und zur angemessenen Darstellung der Ergebnisse vermittelt.

Inhalt:

In den Vorlesungen **Biochemie 1 und 2** werden sowohl Grundkenntnisse als auch fortgeschrittene Themen der Biochemie vermittelt. Die Studierenden erwerben Kenntnisse über biologisch wichtige Moleküle und Prozesse, Struktur und Funktion von Proteinen, DNA, RNA, Coenzymen und Cofactoren sowie deren Einordnung aus mikrobiologischer Sicht. Inhalte sind die Evolution der biochemischen Prinzipien und Reaktionen, Grundlagen des genetischen Codes, Aminosäuren und postsynthetische Modifikationen, Beziehungen zwischen Struktur und Funktion von Proteinen, Primärstrukturen, Sequenziertechnologien, Rolle der Proteasen, Sekundärstrukturen, ihre Bildung und Eigenschaften, strukturelle Proteine und ihre molekulare Basis (Keratin, Collagen, Elastin), Hämoglobine (Funktion eines globularen Proteins) sowie Grundlagen über Enzyme und Enzymkinetiken.

In der **Übung/Praxis in Biochemie** wird die Befähigung zur Durchführung von Forschungsarbeiten und Befähigung zur angemessenen Darstellung der Ergebnisse vermittelt.

### **30200 Biophysikalische Chemie**

Qualifikationsziele:

Erlernung der wichtigsten modernen sowie traditionellen physikochemischen Methoden zur Untersuchung von Biomolekülen und zur Beantwortung biomolekularer Fragestellungen in Industrie- und Grundlagenforschung.

Inhalte:

Das Modul Biophysikalische Chemie besteht aus einer Vorlesung über Grundlagen der biophysikalischen Chemie mit Übung, einer Vorlesung über Anwendungen der biophysikalischen Chemie und einer Exkursion.

In der Vorlesung **Biophysikalische Chemie** werden nach einer kurzen Wiederholung von biochemischen und mikrobiologischen Grundlagen die wichtigsten modernen sowie traditionellen physikochemischen Methoden zur Beantwortung biomolekularer Fragestellungen und Untersuchung von Biomolekülen aus Industrie- und Grundlagenforschung mit praktischen Anwendungsbeispielen erlernt. Es werden sowohl traditionelle Methoden wie Fluoreszenzspektroskopie, NMR und Massenspektrometrie als auch aktuellste, aber bereits sehr verbreitete Methoden wie optische Einzelmoleküldetektion, Nichtlineare- und Ultrakurzzeitspektroskopie oder Nanotechnologie detailliert besprochen. Das Wissen wird mit Übungsaufgaben vertieft und diskutiert. Studierende sind nach Besuch dieser Vorlesung in der Lage zu entscheiden, mit welcher modernen oder traditionellen Methode biologische Fragestellungen am effizientesten zu beantworten sind.

In der Vorlesung **Angewandte biophysikalische Chemie** werden unter anderem Beispiele industrieller Anwendungen z.B. aus der medizinischen Chemie oder zum Hochdurchsatzscreening von Wirkstoffvarianten erläutert.

In einer **Exkursion Biophysikalische Chemie** wird schließlich das Erlernte an einem konkreten Beispiel industrieller Forschung, z.B. bei einem Pharmakonzern, oder aus der Grundlagenforschung, z.B. an einem Max-Planck-Institut, vertieft.

**30300 Aufklärung und Modellierung biologischer Strukturen**

Qualifikationsziele:

In diesem Modul werden zunächst die Grundlagen und Limitationen der Strukturanalyse von Biomakromolekülen vermittelt. Strukturdaten, die mittels Röntgenkristallographie, NMR und Elektronenmikroskopie gewonnen werden, sind der Ausgangspunkt jeder biomolekularen Modellierung. Schwerpunkt des Moduls ist der Erwerb zentraler Kenntnisse zur Modellierung komplexer Strukturen mittels empirischen Kraftfeldmodellen. Es sollen die Reichweite und Grenzen dieser Methoden verstanden werden, sowie die Bedeutung der Struktur und Dynamik großer Biomoleküle für ihre Funktion. Dies wird an ausgewählten Beispielen diskutiert. Das Modul soll dazu befähigen, die Qualität experimenteller Strukturinformation zu beurteilen und eigenständige Strukturmodellierungen durchzuführen. Es spricht daher theoretisch und praktisch interessierte (Bio-) Chemiker in gleicher Weise an, da in der Vorlesung, dem Praktikum und den Übungen sowohl experimentelle, als auch theoretische Kenntnisse und Arbeitstechniken vermittelt werden.

Inhalte:

Die Vorlesung **Biomolekulare Modellierung** gibt zunächst eine kurze Einführung in die methodischen Grundlagen der Strukturanalyse von Biomakromolekülen mittels Röntgenstrukturanalyse, NMR und Elektronenmikroskopie. Ein Vergleich der Methoden zeigt Limitationen aber auch mögliche Synergismen auf. Daran anschließend wird in Methoden des ‚Molecular Modelling‘ zur Beschreibung großer Biomoleküle mit Hilfe von empirischen Kraftfeldverfahren eingeführt. Ausgangspunkt jeder Modellierung sind statische Strukturen (meist aus der Röntgenstrukturanalyse), die mit Hilfe von Geometrieoptimierungsverfahren weiter verfeinert werden können. Insbesondere Methoden zur Berechnung von Reaktionspfaden erlauben es, die chemische Kinetik theoretisch zu modellieren. Der Schwerpunkt der Vorlesung liegt jedoch in der Verdeutlichung der Rolle der Dynamik und Entropie bei der Beschreibung von Struktur und Funktion von Biomolekülen. Es werden nach einer Vertiefung der zentralen Konzepte aus der Thermodynamik und Statistik Methoden zur Berechnung der freien Energie in ihrer Anwendung auf biochemische Reaktionen (Katalyse, Elektronen- und Protonentransfer) sowie Probleme wie das ‚Docking‘ besprochen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Behandlung von sogenannten Multiskalen-Methoden. Hierbei werden unterschiedliche theoretische Methoden in verschiedenen Bereichen des molekularen Systems angewendet. Zentrales Problem ist dabei die Kopplung der verschiedenen Methoden (z.B. Quantenmechanik, empirische Kraftfeldmethoden, Kontinuumsmethoden), die für die Beschreibung unterschiedlicher räumlicher Skalen entwickelt wurden.

In der **Übung Biomolekulare Modellierung** werden etwa 10 Computerversuche durchgeführt. Dabei wird die Verwendung eines gängigen empirischen Kraftfeldprogramms erlernt. In einem ersten Schritt wird die Manipulation und die Visualisierung von Kristallstrukturen aus Internetdatenbanken mit dem Programm VMD erläutert. Danach werden einfache Polypeptidstrukturen verwendet, um die Methoden der Reaktionspfadalgorithmen, Normalmodenanalyse und Molekulardynamik zu erlernen. An diesem Beispiel wird auch die große Bedeutung dynamischer und entropischer Effekte veranschaulicht. Methoden zur Berechnung von freien Energien, wie etwa ‚Umbrella Sampling‘ werden verwendet, um Energiedifferenzen zwischen verschiedenen Konformationen zu berechnen.

Das **Praktikum Biochemische Strukturanalyse** gibt eine kurze Einführung in die Kristallisation von Proteinen, die Röntgendatensammlung von Proteinkristallen sowie Modellbau und Strukturverfeinerung am Rechner.

### 30400 Theoretische Biophysikalische Chemie

Qualifikationsziele:

Dieses Modul vermittelt weiterführende Kenntnisse moderner quantenchemischer Verfahren. Es werden die theoretischen Grundlagen zentraler Methoden vermittelt und ein breiter Überblick über die verschiedenen Methoden gegeben. Zudem werden ihre praktischen Implementierungen und Anwendungsbereiche diskutiert. Insbesondere soll erlernt werden, die Reichweite und Grenzen der verschiedenen Methoden einzuschätzen um eine sinnvolle eigenständige Anwendung zu ermöglichen. Das Modul richtet sich nicht nur an theoretisch interessierte Studenten, sondern soll auch experimentell arbeitenden Chemikern einen fundierten Umgang mit quantenchemischen Methoden ermöglichen.

Inhalte:

*In diesem Modul kann zwischen der Vorlesung „Fortgeschrittene Quantenchemie und -biologie“ und der Vorlesung „Spektroskopische Methoden der Quantenchemie und -biologie“ mit dazugehöriger Übung und Praktikum gewählt werden.*

**Fortgeschrittene Quantenchemie und -biologie:** Einführung in die mathematischen Grundlagen quantenchemischer Methoden und Diskussion der philosophischen Probleme der Quantentheorie. Einführung in die theoretischen Grundlagen der Hartree-Fock Theorie, Störungstheorie und Konfigurationswechselwirkung sowie der Dichtefunktionaltheorie. Behandelt werden auch die semi-empirischen Methoden MNDO, AM1, PM3 und OMx, sowie SCC-DFTB. In den Übungen werden weiterführende mathematische Konzepte (Hilbertraum, Operatoren, Funktionale, Fouriertransformation) erläutert und im Praktikum wird in die Anwendung komplexer quantenchemischer Methoden eingeführt (z.B. MRCI, CASSCF/PT2, etc), die nicht in üblicher Weise als ‚black-box‘ Methoden verwendet werden können. Beispielsweise werden Systeme behandelt, die eine Multi-Referenz Behandlung im Grundzustand benötigen. Außerdem wird die Beschreibung angeregter Zustände mit CI, TD-DFT, MR und CASSCF Methoden behandelt.

**Spektroskopische Methoden der Quantenchemie und -biologie:** Der Schwerpunkt dieser Vorlesung besteht in der Anwendung quantenchemischer Methoden auf die Computersimulation spektroskopischer Daten. Die Grundlagen der Hartree-Fock und Dichtefunktional Methoden aus der Vorlesung ‚Theoretische Chemie II‘ werden wiederholt und vertieft. Desweiteren werden Verfahren zur Bestimmung von Molekülstrukturen und Übergangszustände diskutiert, sowie ihre Anwendung zur theoretischen Behandlung chemischer Reaktivität. Konzepte der Molekülsymmetrie werden verwendet, um Molekülorbitale, optisch angeregte Zustände und Schwingungszustände zu charakterisieren. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Vermittlung von Methoden zur Berechnung spektroskopischer Daten. Hier wird neben der Infrarot- und Raman Spektroskopie auch die UV/Vis, ESR und NMR Spektroskopie diskutiert.

In der Computerübung wird in die Modellierung chemischer Reaktionen als auch in die Berechnung spektroskopischer Daten mit Hilfe gängiger Programmsysteme eingeführt. Insbesondere sollen Reichweite und Grenzen der theoretischen Spektren diskutiert werden und auf Probleme beim Vergleich mit experimentellen Daten hingewiesen werden.

### 20400 Molekulare Biotechnologie

Qualifikationsziele:

Die Studierenden lernen, die Grundlagen der molekularen Biotechnologie zu verstehen und diese Kenntnisse auf Anwendungen wie rekombinante Produktion von Biomolekülen, Protein-Engineering, kombinatorische Methoden und Metabolic Engineering zu übertragen. Ausserdem erwerben sie die praktische Kompetenz in grundlegenden Methoden der molekularen Biotechnologie.

## **ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „BIOPHYSIKALISCHE CHEMIE“**

### Inhalte:

Themen der Vorlesung **Molekulare Biotechnologie** sind: Rekombinante Produktion in transgenen Organismen, Einführung in das Protein-Engineering (Fusionsproteine, Design, Expression, Produktion anhand ausgewählter Beispiele), Tag-Systeme und Inclusion Bodies, Rekombinante Proteintherapeutika, molekulare Diagnostik, Gentherapie, Molecular Pharming, Kombinatorische Methoden (Enzymoptimierung, 2Hybrid, Ribosomal display, Phage display, Aptamere), Metagenomik, Nanobiotechnologie, Metabolic Engineering.

**Übung/Praxis Molekulare Biotechnologie:** Klonierung von Antikörpergenen, Analyse der Klonierung mittels PCR, Restriktionsverdau und Sequenzierung, Produktion und Aufreinigung von rekombinanten Antikörpern im bakteriellen System. Analyse der produzierten Antikörper mittels SDS-PAGE, Westernblot und ELISA.

## **30500 Technische Biochemie**

### Qualifikationsziele:

Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse zur Biotechnologie mit mikrobiellen Zellen und Zellkulturen sowie zur Biokatalyse mit Enzymen und ganzen Zellen. Sie lernen die Stufen der Bioprozesstechnik (upstream processing, Bioreaktor-Kultivierung und downstream processing) inkl. der Messtechniken zur Erfassung wichtiger Kultivierungsparameter und die Wachstumskinetik in Batch- als auch kontinuierlichem Betrieb kennen. Ausserdem bekommen sie einen Überblick über den Einsatz von Enzymen oder mikrobiellen Zellen in Industrie und Forschung sowie über die Entwicklung massgeschneiderter Biokatalysatoren durch Protein-Engineering (site-directed mutagenesis, directed evolution). Die Studierenden beherrschen die Prinzipien und deren Anwendung bei der mikrobiellen und tierischen Zellkulturtechnik zur Produktion hoch- und niedermolekularer Bioprodukte (Pharmaproteine, Antibiotika, L-Aminosäuren). Sie erlangen theoretisch/praktische Kompetenz optional entweder in der Kultivierung von Mikroorganismen, der Aufarbeitung biotechnologischer Produkte oder der regio- bzw. stereoselektiven Biokatalyse mit Hilfe von Enzymen und mikrobiellen Zellen.

### Inhalt:

Die Vorlesung **Technische Biochemie 1** stellt vor: Grundlagen der mikrobiellen Biotechnologie: u.a. grosstechnisch eingesetzte Nährmedien. Bioprozesstechnik: Stufen und Verknüpfung der Bioprozesstechnik (Upstream processing, Bioreaktor, Monitoring, Downstream processing, etc.), Wachstumskinetik in Batch- u. kontinuierlicher Kultur, Ertragskoeffizienten, Sauerstoff/-Kohlendioxid-Bilanzierung, Sauerstofftransportrate, Messtechniken für  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $pO_2$ . Biokatalyse mit Enzymen und ganzen mikrobiellen Zellen: Grundlagen (Enzymkinetik, Chiralität, Immobilisierung), Herstellung von u.a. L- bzw. D-Aminosäuren, Acrylamid, und modifizierten Polyolen bzw. ss-Lactam-Antibiotika; Entwicklung massgeschneiderter Biokatalysatoren durch Protein-Engineering (site-directed mutagenesis, directed evolution).

Themen der Vorlesung **Technische Biochemie II** sind: Grundlagen zur Bioprozesstechnik mit mikrobiellen, pflanzlichen und tierischen Zellkulturen, Entwicklung von Überproduzenten für die Herstellung hoch- und niedermolekularer Bioprodukte (u.a. rekombinante DNA-Technologie, Mutagenisierungen anhand von Praxisbeispielen), Bioprozesse zur Überproduktion von Enzymen und Biopharmaka (u.a. tissue-Plasminogenaktivator, Erythropoietin), Bioprozesse zur Produktion von nichtproteinogenen Biopolymeren, Biosynthese u. (rekomb.) Produktion von Sekundärmetaboliten (Antibiotika), Mikrobielle Überproduktion von Biotensiden und L-Aminosäuren.

Bzgl. **Übung/Praxis in Technischer Biochemie** gibt es optional folgende Schwerpunkte:

- a) Aufbau und Sterilisation eines Bioreaktors, Durchführung einer Kultivierung von Mikroorganismen, Substrat- und Produktanalyse, Berechnung verschiedener Kultivierungsparameter, (Ertragskoeffizienten, Wachstumsrate, etc.
- b) Aufarbeitung biotechnologischer Prozesse: Zellseparation mittels kontinuierlicher Zentrifugation, Klärgrad, maximale Durchflussrate. Querstromfiltration, Filtrationskurve, Massenbilanz, Gelpermeationsmodell, Stofftransportkoeffizient.

## ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „BIOPHYSIKALISCHE CHEMIE“

- c) Enantioselektive Reduktion eines Ketons mit freien und immobilisierten Hefezellen, Einsatz einer Penicillinamidase zur regioselektiven Hydrolyse und Synthese von Penicillinen, enzymatische Produktion von L-Aminosäuren mit freier und immobilisierter Aminosäureamidase.

### 30600 Fortgeschrittene Physikalische Chemie

#### Qualifikationsziele:

In diesem Modul kann der Studierende aus vier Vorlesungen wählen, die den Erwerb von vertieftem Wissen in einem aktuellen Feld der physikalischen Chemie erlauben. Die Vorlesungen werden begleitet von Übungen, in denen das Wissen weiter vertieft wird.

#### Inhalte:

##### **Statistische Thermodynamik:**

Die Vorlesung mit Übung führt in die statistische Behandlung der Materie ein. Diese erlaubt die Zurückführung makroskopisch-thermodynamischer Eigenschaften von Materie auf die zugrunde liegenden atomaren Parameter. In der Vorlesung wird dieses Programm überwiegend am Beispiel der idealen Gase und kristallinen Festkörper ausgeführt. Die Vorlesung gliedert sich wie folgt:

- Quantenmechanische Grundlagen: Energien von Atomen und Molekülen
- Boltzmann-Faktor und Zustandssummen
- Zustandssummen und ideale Gase
- Kristalline Festkörper
- Verschiedenes: Reale Gase, Fermionen und Bosonen, Diffusion.

##### **Kinetik heterogener Prozesse**

Die Vorlesung mit Übung beschäftigt sich mit der Kinetik verschiedener heterogener Prozesse:

- Festkörper Prozesse: Ausscheidungen, Glasbildung, Verbindungsbildung, Oxidation von Metallen
- Katalytische Prozesse: Enzymkinetik, Ammoniak-Bildungsreaktion
- Elektrodenprozesse in der Elektrochemie, Korrosion von metallischen Werkstoffen unter Umweltbedingungen

##### **Reaktionsdynamik**

In dieser Vorlesung mit Übung werden molekulare Modelle für Molekülreaktionen behandelt sowie die Möglichkeiten zu Vorhersagen von Reaktionsmechanismen und –geschwindigkeiten besprochen. Inhalte der Vorlesung sind unter anderem:

- Maxwell-Boltzmannsche Geschwindigkeitsverteilung
- Stosstheorie
- Zustandssumme
- Statistische Thermodynamik
- Übergangszustand und Eyringsche Gleichung
- Energiehyperflächen und molekulare Dynamik
- Zeitaufgelöste molekulare Begegnungen

##### **Physikalische Chemie der Festkörper**

Die Vorlesung mit Übung bietet eine Einführung in die Physikalische Chemie fester Stoffe mit einem besonderen Schwerpunkt auf modernen Funktionsmaterialien und der chemischen Reaktivität von Festkörpern. Die Vorlesung gliedert sich wie folgt:

- Metalle, Halbleiter, Isolatoren
- Festkörperthermodynamik
- Defektchemie
- Transport von Masse und Ladung
- Festkörperreaktionen
- Festkörperelektrochemie

Der **Experimentalteil Physikalische Chemie** beinhaltet zu jeder Vorlesung einen Praktikumsversuch, um die praktische Anwendung des theoretischen Wissens zu erlernen.



**30700 Forschungspraktikum Physikalische Chemie A**

Qualifikationsziele:

Experimentelle Fertigkeiten und theoretische Kenntnisse zu fortgeschrittenen Themen der biophysikalischen oder physikalischen Chemie.

Inhalte:

Im **Praktikum fortgeschrittene physikalische Chemie** werden an ausgewählten apparativen Versuchen experimentelle Fertigkeiten bei der Versuchsdurchführung, Methoden der Versuchsauswertung sowie die wissenschaftliche Darstellung der Ergebnisse erlernt. Das **Forschungspraktikum physikalische Chemie A** führt in die Bearbeitung von Teilaspekten eines aktuellen Forschungsvorhabens im Bereich der biophysikalischen oder physikalischen Chemie ein. Im **Interdisziplinären Seminar zum Forschungspraktikum Anorganische Chemie A** werden Ergebnisse aus aktuellen Forschungsgebieten präsentiert und zur Diskussion gestellt.

**30800 Forschungspraktikum Physikalische Chemie B**

Qualifikationsziele:

Vertiefte experimentelle Fertigkeiten und theoretische Kenntnisse zu einem speziellen aktuellen Forschungsvorhaben im Bereich der biophysikalischen oder physikalischen Chemie. Fähigkeit zur Darstellung eigener Forschungsergebnisse.

Inhalte:

Das **Forschungspraktikum Physikalische Chemie B** ermöglicht die Bearbeitung von Teilaspekten eines aktuellen Forschungsvorhabens im Bereich der biophysikalischen oder physikalischen Chemie. Im **Seminar zum Forschungspraktikum Physikalische Chemie B mit Vortrag** werden die Ergebnisse des eigenen Forschungspraktikums präsentiert und zur Diskussion gestellt.

## 40100 Synthese

### Qualifikationsziele:

Das Modul „Synthese“ ermöglicht den Erwerb von Kenntnissen in einem Schlüsselgebiet der universitären und vor allem auch der industriellen chemischen Forschung. Absolvent(inn)en mit einer soliden Ausbildung in Methoden der Organischen und Anorganischen Synthese haben beste Chancen auf dem Arbeitsmarkt. Ohne Synthesemethoden wäre ein(e) Chemiker(in) nicht in der Lage, Moleküle gezielt zu verändern und damit die Eigenschaften von Molekülen als Wirkstoffe oder in den Materialwissenschaften zu steuern. Das Modul „Synthese“ bietet unter dem Sammelbegriff "Synthesemethoden" eine vielseitige Auswahl von Themen an, die ausgewogen durch vier einstündige Vorlesungen samt Übungen behandelt werden und die Studierenden auf zunehmend eigenständige Forschungstätigkeit vorbereiten.

### Inhalte:

Der Vorlesungsblock **Synthesemethoden** setzt sich aus vier einstündigen Komponenten zusammen, die aus dem folgenden Angebot auszuwählen sind:

Die Vorlesung „Bioanorganische Chemie und Umweltaspekte“ hat folgenden Inhalt: Essentielle und toxische Elemente; geochemische und kernchemische Aspekte des natürlichen Vorkommens der Elemente; Evolution der Atmosphäre; Luftschadstoffe; Metalle in Organismen; ausgewählte Beispiele von Metalloenzymen, z. B. Hämoglobin, Ferredoxine, Glutathionperoxidasen, Deiodinasen, photosynthetisches System, Nitrogenase, Hydrogenasen.

In der Vorlesung „Enantioselektive Synthese“ werden die grundlegenden Konzepte zur Synthese enantiomerenreiner Verbindungen vorgestellt. Daran schliesst sich eine Diskussion moderner synthetischer Verfahren an. Abschliessend werden komplexe Synthesen an ausgewählten Beispielen vorgestellt. Die Studierenden sollten nach der Vorlesung die verschiedenen Strategien einer enantioselektiven Synthese kennen, sowie die wichtigsten Verfahren erläutern können.

Die Vorlesung „Heterozyklenchemie“ beschäftigt sich mit für die Organische und Anorganische Chemie zentralen Verbindungen. Behandelt werden die Ringgrössen drei bis sieben, wobei Epoxide, Aziridine, Furane, Pyrrole, Imidazole, Indole und Pyridine den Schwerpunkt bilden. Diskutiert werden deren Synthese und Rolle als Teilstruktur von Naturstoffen und Medikamenten; sowie Katalyse mit Heterozyklen. Den Studierenden werden Kenntnisse vermittelt, die für eine spätere Forschungstätigkeit in chemischen und pharmazeutischen Industrie unerlässlich sind.

Die Vorlesung „Reaktive Intermediate“ gewährt den Studierenden einen Einblick in die Rolle solcher Verbindungen, die als Folge ihrer chemischen Reaktionsfähigkeit nur mit speziellen, über das Standard-Repertoire hinausgehenden Techniken charakterisierbar sind. Insbesondere das Verständnis von Reaktionsmechanismen als Kern der Organischen Chemie, auch in Enzymen, wäre ohne die Erforschung reaktiver Intermediate nicht möglich. Im Mittelpunkt stehen Carbokationen, Radikale, Carbanionen, sowie Carbene und Nitrene, die an-fast allen organisch-chemischen Transformationen teilnehmen und damit an der Basis der Organischen Chemie stehen.

In der Vorlesung „Stereoselektive Synthese“ werden verschiedene Aspekte diastereoselektiver und enantioselektiver Synthesen vorgestellt. Dazu gehören reine Stereoisomere als Edukte von Synthesen, Retention oder Inversion eines Chiralitätszentrums, pericyclische Reaktionen, Additionen an Carbonylgruppen, stereoselektive Reaktionen von Enolatäquivalenten, Stereoselektive Reduktionen, Differenzierung enantiotoper Gruppen. Die Studierenden sollten nach der Vorlesung die verschiedenen stereoselektiven Strategien kennen, sowie wichtige Verfahren erläutern können.

Die Vorlesung „Synthese Anorganischer Molekülverbindungen“ hat folgenden Inhalt: Symmetrie, Struktur und Bindungseigenschaften von Molekülen; Hydride der Elemente (polyedrische Borane und Carborane, Silane und Hydrosilylierung); Carben-, Alken- und

## ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „ORGANISCHE UND ANORGANISCHE CHEMIE“

Alkin-Analoga der Hauptgruppenelemente (Element-Element-Mehrfachbindungen); Koordinationszahlen 5 und 6 bei Hauptgruppenelementen („Hypervalenz“); Supramolekulare Chemie (schwache Wechselwirkungen); anorganische Ringe, Ketten und Cluster.

Die Vorlesung „Totalsynthese: Planung und Realität“ gibt den Studierenden erstmals Gelegenheit, die Bedeutung der im Bachelor-Studium und während des Master-Studiums erlernten Transformation für die Totalsynthese von Natur- und Wirkstoffen kennenzulernen. An ausgewählten Beispielen, auch aus der aktuellen Literatur, werden Techniken der Retrosynthese und deren Umsetzung in vorwärtsgerichtete Synthesesequenzen erläutert. Es bietet sich insbesondere die Möglichkeit zur Interaktion mit den Studierenden, die mit der Zeit den Blick für die beständig wachsenden Möglichkeiten der Organischen Synthese entwickeln.

Die **Übung Synthesemethoden** dient der Vertiefung des Lehrinhalts der jeweils angebotenen Vorlesungskomponenten.

### 40200 Katalyse

#### Qualifikationsziele:

Erwerb von Kenntnissen über: Metallkatalysierte Prozesse in der chemischen Industrie, Grundlagen der industriellen homogenen Katalyse und katalytischen Polymersynthese, Synthese und Charakterisierung von molekularen Katalysatoren, praktischer Einsatz von Katalysatoren und Bestimmung wichtiger Katalysatorkenngrößen (Selektivität, Aktivität, Effizienz), Methoden der Reaktionsverfolgung und Aufklärung von Reaktionsmechanismen (Katalysezyklen), Grundlagen der Polymercharakterisierung

#### Inhalte:

Die Vorlesung **Angewandte homogene Katalyse** hat folgenden Inhalt: Historisches, metallorganische Grundlagen der Katalyse, Elementarreaktionen, Katalysezyklen, industrielle Anwendungen (Wacker-Prozess, Essigsäure-Darstellung, Hydroformylierung, Hydrocyanierung, Hydrierung, Carbonylierungen, Oligomerisation und Polymerisation von Olefinen), aktuelle Entwicklungen (C-C-Kreuzkupplungen, CH-Aktivierung, Hydroaminierung, Hydrosilylierung, Oxidationen, asymmetrische Katalyse, Olefin- und Alkinmetathese), Beiträge der homogenen Katalyse zur nachhaltigen Entwicklung der Chemie und einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit.

Die Vorlesung **Katalytische Polymersynthesen** hat folgenden Inhalt: Polymerisation mit Übergangsmetallkomplexen Ziegler-Natta-Polymerisation, Phillips-Katalysatoren (auch mit ihrer technischen Anwendung), Metallocen-Katalysatoren, Metathesepolymerisationen, lebend radikalische Polymerisation und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten für die Herstellung von besonderen Molekülarchitekturen, spezielle Anwendungen von Übergangsmetallkomplexen als Initiatoren.

Im Rahmen des **Praktikums Metallkatalyse** werden zwei Projekte bearbeitet:

- Synthese, Charakterisierung und Einsatz eines Katalysators in der homogenen Katalyse
- Synthese eines Polymeres durch Metallkatalyse

Begleitend findet eine zweistündige Übung (einmalig) über Katalysatorkenngrößen statt.

### 40300 Theorie und Struktur

#### Qualifikationsziele:

- Es sollen die Grundlagen der modernen, theoretischen Methoden in der Chemie vermittelt werden. Im Vordergrund stehen die Vorhersage von Energien und Strukturen organischer/anorganischer Moleküle und Molekülkomplexe. Sowohl statische als auch dynamische Effekte sowie der Einfluss von Lösungsmitteln sollen vermittelt werden.
- Erwerb von vertieften theoretischen und praktischen Kenntnissen zur Strukturaufklärung mittels Röntgenstrukturanalyse.

## **ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „ORGANISCHE UND ANORGANISCHE CHEMIE“**

### Inhalte:

Die Vorlesung **Röntgenstrukturanalyse** hat folgenden Inhalt: Matrix-Methoden; Zwillinge; Codierung der Symmetrie; Nicht-zentrosymmetrische Strukturen; Erweiterte Methoden der RSA (Pulvermethoden, Synchrotronen, Hochdruckmethoden); Neutronenbeugung; Molekülpackung. In der **Übung Röntgenstrukturanalyse** werden am Computer verschiedene röntgenstrukturanalytische Probleme vorgestellt und gelöst.

Die Vorlesung **Strukturvorhersage** hat den folgenden Inhalt:

- a) Wiederholung der Prinzipien der klassischen Mechanik (Zustandsfunktionen, Differentialgleichungen, etc.) und der Quantenmechanik (Wellen, Operatoren, Schrödingergleichung, etc.); Theorie der chemischen Bindung; Bom-Oppenheimer-Näherung, Einelektronen-Näherung, LCAO-Näherung; Grundlagen der Dichtefunktional-Theorie; Freie Energie Methoden.
- b) Empirische Potentialfunktionen; Parameterbestimmung; Konformationsanalysen; Monte Carlo Techniken.

In der **Übung zur Computerchemie** werden die theoretischen Konzepte zur Beantwortung typischer Fragen aus der experimentellen Chemie eingesetzt.

### **20200 Praktische Strukturaufklärung**

### Qualifikationsziele:

Erwerb von theoretischen und praktischen Kenntnissen zur Strukturaufklärung anorganischer, organischer und metallorganischer Molekülverbindungen.

### Inhalte:

Themen der Vorlesungen **Grundlagen der Massenspektrometrie** und **Moderne Methoden der Massenspektrometrie** sind: Instrumentelle Grundlagen der MS, Interpretation von Isotopenmustern, Prinzipien der Elektronenionisierung, Vorstellung grundlegender Fragmentierungsmechanismen, Diskussion spezieller Fragmentierungsmechanismen bei EI-MS, Einführung schonender Ionisierungsmethoden, Vertiefende Behandlung instrumenteller Aspekte. Die zweitgenannte Vorlesung setzt den Stoff der erstgenannten voraus.

Die Vorlesung **Grundlagen der NMR-Spektroskopie** behandelt die nachstehenden Themen in anschaulicher und nicht-mathematischer Form: physikalische Prinzipien des NMR-Experiments und experimentelle Durchführung, Einfluss chemischer Parameter auf die chemischen Verschiebungen von  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  und wichtigen Heterokernen ( $^{15}\text{N}$ ,  $^{19}\text{F}$ ,  $^{31}\text{P}$ ), Spin-Spin-Kopplungskonstanten und ihre Beziehungen zur Molekülstruktur, Analyse von Spin-Kopplungsmustern, wichtige eindimensionale NMR-Experimente (dynamische NMR, NOE, Entkopplung, Multiplizitätsselektion bei Heterokernen), wichtige zweidimensionale NMR-Experimente (homo- und heteronucleare Verschiebungskorrelationen, die auf Spin-Kopplung, NOE oder chemischem Austausch beruhen,  $J$ -aufgelöste Spektren).

In der **Übung zur Strukturaufklärung** wird die Ableitung von Molekülstrukturen behandelt. Hierbei wird eine Kombination verschiedener spektroskopischer Methoden angewandt, vorwiegend eindimensionale NMR-Spektroskopie, diverse zweidimensionale NMR-Techniken und, falls im Einzelfall erforderlich, Infrarotspektroskopie und Massenspektrometrie.

### **20300 Natur- und Wirkstoffe**

### Qualifikationsziele:

Kenntnis der in der Natur vorkommenden Verbindungen, Primär und Sekundärmetaboliten, Synthese von Naturstoffen, Supramolekulare Systeme zur Erkennung von Wirkstoffen, Medizinisch wichtige Verbindungen. Verständnis von Biopolymeren und deren Wechselwirkung mit kleinen Molekülen. Funktion von Enzymen. Wirkungen und Einsatzmöglichkeiten von Proteinen.

## ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „ORGANISCHE UND ANORGANISCHE CHEMIE“

### Inhalte:

In der Vorlesung **Naturstoffchemie** werden die verschiedenen in der Natur vorkommenden primären Stoffklassen wie Aminosäuren, Kohlenhydrate, Fette und Nukleinsäuren vorgestellt. Zu diesen gesellen sich sekundäre Naturstoffklassen wie Terpene, Polyketide, Aromatische Verbindungen oder Alkaloide. Dazu werden synthetische Zugänge zu diesen Substanzklassen sowie ihre Modifizierung erläutert. Biosynthetische Wege werden als Ordnungsprinzipien eingeführt, so dass die Bildung der grossen Diversität verstanden werden kann.

Die Vorlesung **Bioorganische Chemie** behandelt die Chemie der Biooligomere, also der Nukleinsäuren, Peptide, Oligosaccharide und Polyketide, die zentral für alle Lebensprozesse sind. Besonderer Wert wird auf das genaue mechanistische Verständnis des chemischen Ab- und Aufbaus von Biooligomeren gelegt. Die Vorlesung ist hochauflösendes Komplement zur apparativen Betrachtung der Bereitstellung von Biooligomeren in der Biologie. Angesichts der Entwicklung der Lebenswissenschaften hin zu atomarer Auflösung ist die Vorlesung auch für biochemisch interessierte Studierende interessant.

In der Vorlesung **Supramolekulare Chemie** werden folgende Themen vorgestellt: Molekulare Erkennung, nichtkovalente Wechselwirkungen, Selbstorganisation in biologischen Systemen (reine Selbstorganisation, Selbstorganisation mit kovalenter Modifikation), Selbstorganisation in chemischen Systemen (diskrete cyclische Aggregate, helicale Strukturen, synthetische Ionenkanäle, Rotaxane, Catenane, künstliche Enzyme, selbstreplizierende Systeme, Selbstorganisation von Mesogenen und Amphiphilen, Modellmembranen, supramolekulare Synthone), Künstliche Rezeptoren (Kronenether, Cryptanden, Podanden, Calixarene, Spheranden, Cryptophane, Cyclodextrine), Bioorganische Modellverbindungen, Photosensible Wirt-Gast-Systeme, Chemische Sensoren, Flüssigkristalle.

Die Vorlesung **Medizinische Chemie** hat folgenden Inhalt: Wirkstoffentdeckung ohne Leitstruktur, Suche nach Leitstrukturen, Beispiele für Medikamente auf der Basis der Naturstoffe, Modifizierung der Leitstruktur (Struktur-Wirkungs-Beziehungen, Bioisostere Modifizierungen, nichtklassische Bioisostere, klassische Isostere), aktuelle rechnergestützte Methoden zur Suche nach neuen Leitstrukturen, Induzierte Anpassung von Rezeptoren an ihre Wirkstoffe, Formbarkeit des Rezeptors und Vielfältigkeit der Liganden, Enzyminhibierung, DNA-Interkalatoren, Prodrugs und Systeme zum Transport und zur Freisetzung von Medikamenten, Metabolisierung von Wirkstoffen, Wirkstoffresistenz.

Im **Seminar Natur- und Wirkstoffe** werden ausgewählte Themen aus den Bereichen Naturstoffchemie und Wirkstoffchemie behandelt. Dazu arbeiten Studierende Seminarbeiträge aus, die vertiefte Einblicke in besondere Themen ermöglichen.

### 40400 Präparative Chemie

#### Qualifikationsziele:

Erwerb praktischer Erfahrungen in der Synthese und Charakterisierung von anorganischen, organischen und metallorganischen Molekülverbindungen

#### Inhalte:

Im **Praktikum Präparative Chemie** werden folgende Schwerpunkte vermittelt: Methoden zur Synthese von Charakterisierung von anorganischen, organischen und metallorganischen Molekülverbindungen, Schutzgastechiken (Umgang mit Schlenk-Anlagen und Handschuhboxen), Trennmethode (Chromatographie, Destillation, Sublimation, Filtration, fraktionierte Kristallisation), Abfallentsorgung, Syntheseplanung mittels elektronischer Literaturrecherche (Scifinder, Beilstein, Scopus u. a.), Dokumentation (Laborbuch) und Veröffentlichung experimenteller Ergebnisse.

In der **Übung Präparative Chemie** werden theoretische Aspekte mit direktem Bezug zu den Schwerpunkten des Praktikums unter aktiver Beteiligung der Studenten behandelt.

**ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „ORGANISCHE UND ANORGANISCHE CHEMIE“**

**40500 Forschungspraktikum Anorganischen Chemie A**

Qualifikationsziele:

Erwerb vertiefender und spezieller Praxiskenntnisse über die Synthese und Charakterisierung von anorganischen, organischen und metallorganischen Molekülverbindungen im Bereich der anorganischen Chemie.

Inhalte:

Das **Forschungspraktikum Anorganische Chemie A** ermöglicht die Bearbeitung von Teilaspekten aktueller Forschungsinhalte im Bereich der Anorganischen Chemie. Im **Seminar zum Forschungspraktikum Anorganische Chemie A** werden Ergebnisse aus aktuellen Forschungsgebieten präsentiert und zur Diskussion gestellt.

**40600 Forschungspraktikum Anorganischen Chemie B**

Qualifikationsziele:

Erwerb vertiefender und spezieller Praxiskenntnisse über die Synthese und Charakterisierung von anorganischen, organischen und metallorganischen Molekülverbindungen durch Mitarbeit an einem aktuellen Forschungsprojekt im Bereich der Anorganischen Chemie. Befähigung zur Darstellung wissenschaftlicher Ergebnisse.

Inhalte:

Im **Forschungspraktikum Anorganische Chemie B** werden Teilaspekte eines aktuellen Forschungsvorhabens durch Mitarbeit im Bereich der Anorganischen Chemie bearbeitet. Im **Seminar mit Vortrag zum Forschungspraktikum Anorganische Chemie B** werden die eigenen Ergebnisse aus aktuellen Forschungsgebieten präsentiert und zur Diskussion gestellt.

**40700 Forschungspraktikum Organische Chemie A**

Qualifikationsziele:

Erwerb vertiefender und spezieller Praxiskenntnisse über die Synthese und Charakterisierung von organischen und metallorganischen Molekülverbindungen im Bereich der Organischen Chemie.

Inhalte:

Das **Forschungspraktikum Organische Chemie A** ermöglicht die Bearbeitung von Teilaspekten aktueller Forschungsinhalte im Bereich der Organischen Chemie. Im **Seminar zum Forschungspraktikum Organische Chemie A** werden Ergebnisse aus aktuellen Forschungsgebieten präsentiert und zur Diskussion gestellt.

**40800 Forschungspraktikum Organische Chemie B**

Qualifikationsziele:

Erwerb vertiefender und spezieller Praxiskenntnisse über die Synthese und Charakterisierung von organischen und metallorganischen Molekülverbindungen durch Mitarbeit an einem aktuellen Forschungsprojekt im Bereich der Organischen Chemie. Befähigung zur Darstellung wissenschaftlicher Ergebnisse.

Inhalte:

Im **Forschungspraktikum Organische Chemie B** werden Teilaspekte eines aktuellen Forschungsvorhabens durch Mitarbeit im Bereich der Organischen Chemie bearbeitet. Im **Seminar mit Vortrag zum Forschungspraktikum Organische Chemie B** werden die eigenen Ergebnisse aus aktuellen Forschungsgebieten präsentiert und zur Diskussion gestellt.

### **50100 Enzymtechnologie**

Qualifikationsziele:

Fachwissen über Strukturen, Funktionen und Charakterisierung von Enzymen sowie Überblick über deren Einsatzpotenzial zur Herstellung von Wertstoffen der chemisch-pharmazeutischen und Lebensmittelindustrie, Theorie- u. Praxis-Kompetenz in Instrumenteller Analytik (am Bioreaktor): Physikalische Messgrößen, Bestimmung von Gasphase- und Flüssigphasekonzentrationen, Biosensoren.

Inhalte:

Die Vorlesung **Enzymtechnologie** hat folgende Inhalte: Geschichte der Enzymtechnologie, Klassifizierung, Herstellung, Reinigung und Charakterisierung von Enzymen, Enzyme in der organischen Chemie, Einsatz von nativen Enzymen, Immobilisierung von Enzymen und deren Einsatz, Enzymkinetik, Beispiele für Enzymreaktoren und Prozesstechnologie.

Die Vorlesung **Instrumentelle Analytik** hat folgende Inhalte: Physikalische Messgrößen (Temperatur, Druck, Drehzahl, Leistungseintrag, Rheometrie, Gasanteil, Schaum, Durchfluss, Mischzeit, Blasengröße), Gasphasekonzentrationen (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>), Flüssigphasekonzentrationen (Trübung, Potentiometrie, Amperometrie), Flüssigphasekonzentrationen (Fluoreszenz, HPLC, FIA, Elektrophorese), Biosensoren (Bio-Elektroden, Enzym-Thermistoren, Bio-FET, piezoelektrische u. optische Sonden), Surface Plasmon Resonance.

Im Praktikum **Instrumentelle Analytik** werden 5 Versuche aus folgender Auswahl durchgeführt: Gaschromatographie (GC), Ionenchromatographie mittels HPLC, Ammoniak-Elektrode, Glucose-Sensor, Rheologie, Atomabsorptionsspektroskopie (AAS).

### **50200 Kohlenhydrattechnologie**

Qualifikationsziele:

Erwerb von Kenntnissen über industrielle Prozesse zur Gewinnung und Verwendung von Kohlenhydraten an Beispielen aus der Lebensmittelindustrie, der Chemie und der Biotechnologie. Es sollen die Fähigkeiten zur Übertragung theoretischer Kenntnisse auf Anwendungen im technischen Massstab geschärft werden.

Inhalte:

Die Vorlesung **Kohlenhydrattechnologie** hat folgende Inhalte: Anwendung von physikalischen Grundverfahren („unit operations“) auf technische Prozesse der Lebensmittelindustrie. Stofflich werden die Zuckerfabrikation, Stärkeumsetzung und -hydrolyse, Mehlerzeugung, Teigwarenherstellung und die Herstellung weiterer Mono-, Oligo und Polysaccharide erläutert.

In der Vorlesung **Umweltbiotechnologie** werden behandelt: Bakterieller Metabolismus in Abwassersystemen, Abbaupfade für recalcitrante organische Substanzen, Quellen industrieller Abwässer, Behandlungsstrategien (aerob, anoxisch, anaerob, C-, N-, P-Eliminierung), mathematische Modellierung der biologischen Abwasserreinigung, in-situ und ex-situ Behandlung fester Abfälle mit physikalisch-chemischen und biologischen Verfahren, Methoden der Abgasbehandlung mit Biofiltern, Biowäschern und Membran-Bioreaktoren, Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen zur Bioethanol- und Biogaserzeugung.

In der **Übung/Praxis zur Kohlenhydrattechnologie und Umweltbiotechnologie** werden zwei Versuche aus dem Bereich der enzymatischen/bakteriellen Modifizierung von Kohlenhydraten durchgeführt.

### **50300 Nachwachsende Rohstoffe**

Qualifikationsziele:

Kenntnisse über den derzeitigen Stand und zukünftige Möglichkeiten zur Umstellung der Rohstoffbasis der chemischen und petrochemischen Industrie von fossilen auf

## **ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „ANGEWANDTE CHEMIE IN TECHNIK UND UMWELT“**

nachwachsende Rohstoffe, Kenntnisse zu chemisch-katalytischen und biokatalytischen Prozessen zur Nutzung und Umwandlung nachwachsender Rohstoffe, umfassende Kenntnisse zu heterogenen Katalysatoren und deren industrieller Nutzung, Vertiefung der theoretischen Kenntnisse im Seminar und Erwerb praktischer Erfahrungen zur katalytischen Konversion nachwachsender Rohstoffe im Praktikum.

### Inhalte:

Die Vorlesung **Heterogene Katalyse 1 + 2** hat folgende Inhalte: Allgemeines, Adsorption und Kinetik, Theoretische Konzepte, Herstellung und Charakterisierung von Katalysatoren, Zeolithe, Desaktivierung, Stofftransport, Reaktoren für Katalysatoren, Industrielle Katalyse. Im Seminar werden von den Studierenden Vorträge zu aktuellen Themen der katalytischen Konversion von nachwachsenden Rohstoffen gehalten.

Die Vorlesung **Chemieprodukte aus nachwachsenden Rohstoffen 1 + 2** hat folgende Inhalte: Geschichtlicher Überblick, ökonomische und politische Rahmenbedingungen, Verfügbarkeit von nachwachsenden Rohstoffen, technologische Aspekte, biotechnologische und chemisch-katalytische Konversionsverfahren, Produkte aus Ölen & Fetten / Kohlenhydraten / Holz, Biotreibstoffe, Biopolymere.

Im **Praktikum Konversion nachwachsender Rohstoffe** werden zwei Versuche zur katalytischen Konversion von nachwachsenden Rohstoffen durchgeführt. Das Praktikum wird von einem Seminar begleitet.

## **30500 Technische Biochemie**

### Qualifikationsziele:

Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse zur Biotechnologie mit mikrobiellen Zellen und Zellkulturen sowie zur Biokatalyse mit Enzymen und ganzen Zellen. Sie lernen die Stufen der Bioprozesstechnik (upstream processing, Bioreaktor-Kultivierung und downstream processing) inkl. der Messtechniken zur Erfassung wichtiger Kultivierungsparameter und die Wachstumskinetik in Batch- als auch kontinuierlichem Betrieb kennen. Ausserdem bekommen sie einen Überblick über den Einsatz von Enzymen oder mikrobiellen Zellen in Industrie und Forschung sowie über die Entwicklung massgeschneiderter Biokatalysatoren durch Protein-Engineering (site-directed mutagenesis, directed evolution). Die Studierenden beherrschen die Prinzipien und deren Anwendung bei der mikrobiellen und tierischen Zellkulturtechnik zur Produktion hoch- und niedermolekularer Bioprodukte (Pharmaproteine, Antibiotika, L-Aminosäuren). Sie erlangen theoretisch/praktische Kompetenz optional entweder in der Kultivierung von Mikroorganismen, der Aufarbeitung biotechnologischer Produkte oder der regio- bzw. stereoselektiven Biokatalyse mit Hilfe von Enzymen und mikrobiellen Zellen.

### Inhalt:

Die Vorlesung **Technische Biochemie 1** stellt vor: Grundlagen der mikrobiellen Biotechnologie: u.a. grosstechnisch eingesetzte Nährmedien. Bioprozesstechnik: Stufen und Verknüpfung der Bioprozesstechnik (Upstream processing, Bioreaktor, Monitoring, Downstream processing, etc.), Wachstumskinetik in Batch- u. kontinuierlicher Kultur, Ertragskoeffizienten, Sauerstoff-/Kohlendioxid-Bilanzierung, Sauerstofftransportrate, Messtechniken für  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $pO_2$ . Biokatalyse mit Enzymen und ganzen mikrobiellen Zellen: Grundlagen (Enzymkinetik, Chiralität, Immobilisierung), Herstellung von u.a. L- bzw. D-Aminosäuren, Acrylamid, und modifizierten Polyolen bzw. ss-Lactam-Antibiotika; Entwicklung massgeschneiderter Biokatalysatoren durch Protein-Engineering (site-directed mutagenesis, directed evolution).

Themen der Vorlesung **Technische Biochemie II** sind: Grundlagen zur Bioprozesstechnik mit mikrobiellen, pflanzlichen und tierischen Zellkulturen, Entwicklung von Überproduzenten für die Herstellung hoch- und niedermolekularer Bioprodukte (u.a. rekombinante DNA-Technologie, Mutagenisierungen anhand von Praxisbeispielen), Bioprozesse zur Überproduktion von Enzymen und Biopharmaka (u.a. tissue-Plasminogenaktivator, Erythropoietin), Bioprozesse zur Produktion von nichtproteinogenen Biopolymeren,



## **ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „ANGEWANDTE CHEMIE IN TECHNIK UND UMWELT“**

Biosynthese u. (rekomb.) Produktion von Sekundärmetaboliten (Antibiotika), Mikrobielle Überproduktion von Biotensiden und L-Aminosäuren.

Bzgl. **Übung/Praxis in Technischer Biochemie** gibt es optional folgende Schwerpunkte:

- a) Aufbau und Sterilisation eines Bioreaktors, Durchführung einer Kultivierung von Mikroorganismen, Substrat- und Produktanalyse, Berechnung verschiedener Kultivierungsparameter, (Ertragskoeffizienten, Wachstumsrate, etc.
- b) Aufarbeitung biotechnologischer Prozesse: Zellseparation mittels kontinuierlicher Zentrifugation, Klärgrad, maximale Durchflussrate. Querstromfiltration, Filtrationskurve, Massenbilanz, Gelpermeationsmodell, Stofftransportkoeffizient.
- c) Enantioselektive Reduktion eines Ketons mit freien und immobilisierten Hefezellen, Einsatz einer Penicillinamidase zur regioselektiven Hydrolyse und Synthese von Penicillinen, enzymatische Produktion von L-Aminosäuren mit freier und immobilisierter Aminosäureamidase.

### **50400 Mehrphasenreaktionstechnik**

#### Qualifikationsziele:

Kenntnisse über hydrodynamische sowie Wärme- und Stofftransportphänomene und deren Zusammenwirken in Mehrphasenreaktoren, experimentelle Methoden zur Charakterisierung von Reaktionen und Reaktoren, theoretische und empirische Modelle zur Reaktorauslegung. Experimentelle Fertigkeiten und die Fähigkeit zur Analyse und Darstellung von Messergebnissen.

#### Inhalte:

Die Vorlesung **Mehrphasenreaktoren** behandelt Phasenanteile, Druckverlust, Rückvermischung, Energieeintrag, Wärmetransport und Stofftransport in Mehrphasenreaktoren. Der Schwerpunkt liegt bei gerührten und ungerührten Suspensionsreaktoren.

Das **Master-Praktikum Technische Chemie** besteht aus drei Versuchen aus den Bereichen Physikalische Grundoperationen und Reaktionstechnik.

### **50500 Industrielle Chemie und Umweltschutz**

#### Qualifikationsziele:

Kenntnisse über die Geschichte und Organisationsstrukturen der Chemischen Industrie, Verfahrensentwicklung, Patentrecht, Erdölförderung und -verarbeitung, organische und anorganische Basischemikalien, Polymerisationstechnik und Polymere, biotechnologische Produktion, Verständnis für die Möglichkeiten zur Optimierung von Prozessen zur Reduzierung von Abfallstoffen, vertiefte Kenntnisse über aktuelle Forschungsvorhaben in Technischer Chemie, Makromolekularer Chemie und Technischer Biochemie.

#### Inhalte:

Schwerpunkte der Vorlesung **Industrielle Chemie** sind: Geschichte und Organisationsstrukturen der Chemischen Industrie, Verfahrensentwicklung, Patentrecht, Erdölförderung und -verarbeitung, organische und anorganische Basischemikalien, Synthese und Eigenschaften der wichtigsten Polymere (Polyester, Polyamide, Polyolefine, Polyurethane), Polymerisationstechniken, biotechnologische Produktion.

Die Vorlesung **Produktionsintegrierter Umweltschutz** behandelt umweltrelevante Entwicklungen (z.B. AGENDA 21, ISO 14001, EMAS), Optimierungsstrategien durch den Einsatz moderner Technologien anhand von stofflichen Beispielen aus den Bereichen der chemischen und Ernährungsindustrie (z.B. Schwefelsäure, Acrylamid, Zucker, Kaffee), Biotechnologie (z.B. Stärke, Mannitol, Antibiotika) und des nachsorgenden technischen Umweltschutzes (Abwasserreinigung, Abgastechnologien). Recycling von Polymeren (Werkstoffrecycling, chemisches Recycling durch Depolymerisation bzw. durch Rohstoffrecycling z.B. durch Pyrolyse).

## **ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „ANGEWANDTE CHEMIE IN TECHNIK UND UMWELT“**

Im Interdisziplinären Seminar für Technische Chemie, Makromolekulare Chemie und Technische Biochemie werden von Doktoranden der entsprechenden Arbeitsgruppen und von Gastdozenten Vorträge über aktuelle Forschungsthemen gehalten.

### **50600 Einführung in die Polymerchemie**

#### Qualifikationsziele:

Das Ziel ist ein erstes Verständnis für Makromoleküle zu gewinnen, die verschiedenen synthetischen Möglichkeiten auch an ausgewählten technischen Produkten und Verfahren aufzuzeigen und einen Einblick in die besonderen physikalisch-chemischen Eigenschaften von Polymeren und ihren Lösungen zu geben.

#### Inhalte:

Die Vorlesung **Einführung in die Polymerchemie** hat folgenden Inhalt: In der Vorlesung werden die grundlegenden Definitionen und Begriffe der Polymerchemie erläutert. Am Beispiel der Polykondensation und der radikalischen Polymerisation werden die Grundlagen der Mechanismen und der Kinetik von Stufen- und Kettenreaktionen erarbeitet. Inhalt der Vorlesung sind auch Herstellungsmethoden für wichtige industrielle Polymere. So werden die wichtigsten Polykondensationspolymere Polyester und Polyamide auch mit ihrer technischen Herstellung, aber auch spezielle Polymere wie Polyaramide. Die Polyurethanchemie soll in ihrer Vielfalt dargestellt werden. Am Beispiel der Polyurethane wird auch das Recycling von Polymeren angesprochen. Der Einfluss der Polymerisationstechnik (z.B. Lösungs-, Gasphasen, Suspensions- oder Emulsionspolymerisation) wird bei der Behandlung der technischen Verfahren zur Herstellung von PVC, Polyolefinen, EPS, etc. behandelt. Weitere Themen aus dem Bereich Synthese sind die Copolymerisation, Block- und Pfropfcopolymere, polymeranaloge Reaktionen, sowie Mechanismen der stereospezifischen und der ringöffnenden Polymerisation. Neben den synthetischen Methoden wird ein erster Abriss zur physikalischen Chemie von Polymerlösungen gegeben und kurz auf die experimentellen Methoden zur Bestimmung von Molmassen und Molmassenverteilungen (Osmose, Lichtstreuung, Gelpermeations-chromatographie, Viskosimetrie) eingegangen. Die Eigenschaften von Polymeren im festen Zustand werden anhand der Begriffe Glasübergang, Kristallisation und Schmelzen angesprochen.

Im **Praktikum Polymerchemie** soll in mehreren Versuchen das Erlebte in praktischen Experimenten umgesetzt und vertieft werden. Vorgesehen ist ein Versuch zur Kinetik der radikalischen Polymerisation (einer typischen Kettenpolymerisation). Die Ergebnisse sollen verglichen werden mit den Ergebnissen aus einem Versuch zur Kinetik der Polykondensation (einer typischen Stufenpolymerisation). In einem weiteren Versuch zur radikalischen Polymerisation soll ein Überträger eingesetzt werden, um das Molekulargewicht einzustellen. Die erhaltenen Polymere werden mittels Gelpermeationschromatographie als wichtigster analytischer Methode der Polymerchemie untersucht. Die Ergebnisse gehen in die Berechnung der Überträgerkonstanten ein. Weiterhin werden die Molekulargewichte der radikalischen Polymerisation im Bulk mit den Ergebnissen einer Emulsionspolymerisation verglichen, um den Einfluss der Polymerisationstechnik auf das Produkt zu verdeutlichen. In einem Versuch zur Copolymerisation, wird verdeutlicht wie die Copolymerisationsparameter, durch eine Serie von Polymerisationsexperimenten und anschließende Bestimmung der Zusammensetzung ermittelt werden können.

### **50700 Polymeranalytik**

#### Qualifikationsziele:

Vertiefung der physikalische Chemie und Physik von Polymeren, Verständnis für die besonderen Fragestellungen der Polymeranalytik im Vergleich zur niedermolekularen Stoffanalytik, Eigenschaften der Makromoleküle in der Lösung und im festen Zustand (des polymeren Werkstoffs), Kenntnis der Methoden zur Bestimmung von Molmasse, Molmassenverteilung, Monomerzusammensetzung, Blocklängen, Substitutionsmustern, Verzweigungs- und Vernetzungsgraden, Sequenzanalyse; Kenntnis der Methoden zur

## **ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „ANGEWANDTE CHEMIE IN TECHNIK UND UMWELT“**

Bestimmung der Konformation in Lösung, Kettensteifigkeit, rheologischen Eigenschaften, thermischen Eigenschaften, mechanischen Eigenschaften.

### Inhalte:

Die Vorlesung **Polymeranalytik** hat folgenden Inhalt: Vertiefung der physikalischen Chemie und Physik von Polymeren, analytische Probleme und Untersuchungsmethoden für Polymere, grundlegenden Definitionen und Begriffe der physikalischen Polymerchemie, Analytik von Makromolekülen in der Lösung anhand der Methoden zur Bestimmung von Molmassen und Molmassenverteilungen (vertiefte Behandlung von Osmose, Lichtstreuung, Gelpermeationschromatographie, Viskosimetrie), weitere moderne Methoden wie z.B. die dynamische Lichtstreuung und die Massenspektroskopie von Makromolekülen, Eigenschaften von Polymeren im festen Zustand werden eingehend behandelt (Glasübergang, Kristallisation und Schmelzen), mechanischen Eigenschaften von Polymeren (Viskoelastizität, Gummielastizität, etc).

Die Vorlesung **Analytik von Biopolymeren** hat folgenden Inhalt: Aufbau von Biopolymeren (Nucleinsäuren, Proteine, Polysaccharide, Polyhydroxyalkanoate, Terpene, Lignin); Primär-, Sekundär-, Tertiärstruktur; Beispiele biologischer Funktion; Analytik von Biopolymeren: Isolierung, Reinigung; Bausteinanalyse, Sequenzanalyse; enzymatische Methoden, chemische Methoden, spektroskopische Methoden (IR, NMR, MALDI- und ESI-MS, MS<sup>n</sup>); qualitative und quantitative Aspekte.

Im **Praktikum Polymeranalytik** soll in Experimenten das Erlernte in praktischen Versuchen umgesetzt und vertieft werden. Dabei sollen auch erste Erfahrungen an entsprechenden in der Forschung eingesetzten Geräten erlangt werden. Vorgesehen ist ein Versuch zur Lichtstreuung an Polymeren. Hier sollen das Molekulargewicht der Trägheitsradius und der zweite Virialkoeffizient des osmotischen Drucks für ein Polymer bestimmt werden. Alternativ sollen die thermischen Eigenschaften von Polymeren mittels Differential Scanning Kalorimetrie (DSC) untersucht werden. Hier soll an verschiedenen Polymeren der Schmelzpunkt bzw. die Glasübergangstemperatur bestimmt werden. weiterhin soll der Einfluss der thermischen Vorgeschichte auf die Schmelzpunkte und -enthalpien ermittelt werden und darauf auf die Grösse der Kristallite in den Polymerproben geschlossen werden. In einem weiteren Versuch soll das Potenzial der Elektrospray-Massenspektroskopie (ESI-MS<sup>n</sup>) zur Sequenzanalyse kennen gelernt werden. Dazu sollen durch chemischen oder enzymatischen Abbau eines Biopolymers erhaltene Oligomere mittels ESI-MS und Tochterionenspektroskopie untersucht und die Fragmentierungen auf Grundlage bekannter Mechanismen interpretiert werden. Alternativ hierzu kann die Monomeranalytik eines nativen oder modifizierten Polysaccharids mittels Totalabbau, chemischer Derivatisierung, Gaschromatographie (GC/FID) oder Kapillarelektrophorese (CE/UV) durchgeführt werden.

## **40200 Katalyse**

### Qualifikationsziele:

Erwerb von Kenntnissen über: Metallkatalysierte Prozesse in der chemischen Industrie, Grundlagen der industriellen homogenen Katalyse und katalytischen Polymersynthese, Synthese und Charakterisierung von molekularen Katalysatoren, praktischer Einsatz von Katalysatoren und Bestimmung wichtiger Katalysatorkenngrößen (Selektivität, Aktivität, Effizienz), Methoden der Reaktionsverfolgung und Aufklärung von Reaktionsmechanismen (Katalysezyklen), Grundlagen der Polymercharakterisierung

### Inhalte:

Die Vorlesung **Angewandte homogene Katalyse** hat folgenden Inhalt: Historisches, metallorganische Grundlagen der Katalyse, Elementarreaktionen, Katalysezyklen, industrielle Anwendungen (Wacker-Prozess, Essigsäure-Darstellung, Hydroformylierung, Hydrocyanierung, Hydrierung, Carbonylierungen, Oligomerisation und Polymerisation von Olefinen), aktuelle Entwicklungen (C-C-Kreuzkupplungen, CH-Aktivierung, Hydroaminierung, Hydrosilylierung, Oxidationen, asymmetrische Katalyse, Olefin- und Alkinmetathese),

## ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „ANGEWANDTE CHEMIE IN TECHNIK UND UMWELT“

Beiträge der homogenen Katalyse zur nachhaltigen Entwicklung der Chemie und einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit.

Die Vorlesung **Katalytische Polymersynthesen** hat folgenden Inhalt: Polymerisation mit Übergangsmetallkomplexen Ziegler-Natta-Polymerisation, Phillips-Katalysatoren (auch mit ihrer technischen Anwendung), Metallocen-Katalysatoren, Metathesepolymerisationen, lebend radikalische Polymerisation und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten für die Herstellung von besonderen Molekülarchitekturen, spezielle Anwendungen von Übergangsmetallkomplexen als Initiatoren.

Im Rahmen des **Praktikums Metallkatalyse** werden zwei Projekte bearbeitet:

- c) Synthese, Charakterisierung und Einsatz eines Katalysators in der homogenen Katalyse
- d) Synthese eines Polymeres durch Metallkatalyse

Begleitend findet eine zweistündige Übung (einmalig) über Katalysatorkenngrößen statt.

### 50800 Ökologische Chemie

#### Qualifikationsziele:

Verständnis der Prinzipien und Konzepte der Ökologischen Chemie und Ökotoxikologie. Fähigkeit zur Einschätzung und Anwendung grundlegender Methoden und Arbeitstechniken in der anorganischen und organischen Umweltanalytik, zur Planung von Untersuchungsstrategien zur Beurteilung organischer Chemikalien in verschiedenen Umweltkompartimenten (Labor-, Lysimeter- und Freilandstudien) und zur Einschätzung grundlegender Methoden der Rückstands- und Radiotraceranalytik.

#### Inhalte:

Die Vorlesung **Umweltchemie** beschäftigt sich mit dem Verhalten und Verbleib von Umweltchemikalien, beginnend mit dem Eintrag und Vorkommen von Chemikalien in der Umwelt, deren Ausbreitung in den Umweltkompartimenten, Akkumulation in der Bio- und Geosphäre, Persistenz, biotische und abiotische Umwandlung und Wirkungen sowie Abbau unter Umweltbedingungen. Die Umweltmedien Luft, Wasser und Boden werden diskutiert und der Beitrag der Verkehrsinfrastruktur und von industriellen Sparten zur Umweltqualität in der Technosphäre aufgezeigt. Die Abfall- und Abwassertechnik werden exemplarisch vertieft. Aspekte der Nachhaltigkeit in der Chemie runden das Thema ab.

Schwerpunkte der Übung **Umweltanalytik 1 (AC)** sind die Element- und Summenparameter-Analytik sowie Biotests. Es werden Aspekte der Probenahme, der Probenlagerung- und Vorbereitung, Aufschlusstechniken für die Elementanalytik, elementanalytische Messtechniken wie AAS, ICP-OES, ICP-MS, IC, RFA und Voltametrie, Summenparameteranalytik wie CSB, BSB, AOX, TOC und KW-Index (FT-IR, GC/FID), Biotests wie Leuchtbakterientest, Wurzellängentest, Pflanzentest mit *Lemna Minor*, Daphnien- und Fischtest und schliesslich die Anwendung von Schnelltests vorgestellt.

Die Übung **Umweltanalytik 2 (OC)** führt in die analytischen Methoden zum Nachweis organischer Umweltchemikalien in verschiedenen Probenmatrizes (Luft, Wasser, Boden, Sedimente, Abfälle) ein. Anhand eines allgemeinen Analysenschemas werden Arbeitstechniken zur Probenahme, Probenaufarbeitung (Extraktion, Aufkonzentrierung, Aufreinigung) und Detektionstechniken (Gaschromatographie, Hochleistungsflüssigkeitschromatographie, Massenspektrometrie) behandelt und anhand ausgewählter Fallbeispiele vertieft. Ergänzend werden Radiotracertechniken vorgestellt.

Die Grundlagenvorlesung **Xenobiotika in der Umwelt** behandelt das Auftreten und Verhalten organischer Chemikalien in der Umwelt. Eingangs werden die Prinzipien des chemischen Pflanzenschutzes von der Synthese bis zur Anwendung vorgestellt. Grundvoraussetzung hierfür ist das gesetzlich ge-regelte Zulassungsverfahren, in dem u.a. Untersuchungsstrategien ausgehend von Labor- und Lysimeterexperimenten zu Freilandstudien eingehen, um das Rückstandsverhalten dieser organischen Chemikalien in den verschiedenen Umweltkompartimenten Luft, Boden und Wasser zu beurteilen. Dieses Zulassungsverfahren beruht auf Testmethoden, die auch als Grundlagen für Untersuchungen gemäss dem Chemikaliengesetz, der Biozidrichtlinie und der Zulassung von

## **ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „ANGEWANDTE CHEMIE IN TECHNIK UND UMWELT“**

Human- und Veterinärpharmaka herangezogen werden. Neben der Vorstellung dieser Testsysteme wird auch die Anwendung der Rückstands- und Radiotraceranalytik erörtert.

### **50900 Nachhaltige Chemie**

#### Qualifikationsziele:

Kenntnis alternativer Kraftstoffe aus rezenten Quellen und alternative Nutzungen von Reststoffen. Verstehen des Zusammenspiels vom Motor- und Kraftstofftechnik. Grundsätzliches Verstehen des Ressourcen schonenden Umgangs mit endlichen Rohstoffen in Produktionsprozessen und beispielhafte Kenntnis emissions- und abfallarmer chemischer Prozesse. Kenntnisse über Führung und Steuerung von Verbrennungsprozessen zur Emissionsminderung.

#### Inhalte:

Die Vorlesung **Energie- und Kraftstoffforschung** behandelt alternative Kraftstoffe der zweiten und dritten Generation (Biodiesel, Alkohol, „Biomass-to-liquid“-Kraftstoffe) sowie den Einsatz von Brennstoffzellen einschliesslich der Sonnen-Wasserstoff-Wirtschaft für die Umwelt- und Ressourcen-schonende Mobilität.

In der Übung **Abgasmesstechnik** stehen im Mittelpunkt: Kraftstoff/Motor-abhängige Emissionen von Schadstoffen, Fahrzyklus-Emissionen, Abgas-Probenahme- und Analysetechniken am Prüfstand für anorganische und organische Schadstoffe sowie Feinstäube.

In der Vorlesung **Industrielle Umweltchemie** werden als Themen behandelt: Emissionminderung, Chemie des Abfalls und Abwassers, Recyclingprozesse und Nutzung von Sekundärrohstoffen. Ferner werden die Themen nachwachsende Rohstoffe, grüne Bioraffinerie sowie die Prinzipien der Green Chemistry zur Vermeidung gefährlicher chemischer Reaktionen und toxischer Intermediate durch den Einsatz umweltverträglicher Ausgangsstoffe behandelt.

**Hochtemperaturchemie:** Die Verbrennung zum Zwecke der Energieerzeugung und der Beseitigung von Abfällen ist mit der Abgabe von Emissionen verbunden. Produkte unvollständiger Verbrennung sind dabei das Kohlenmonoxid und zahlreiche organische Stoffe. Von der Brennstoffzusammensetzung und den Feuerungsbedingungen abhängige gasförmige Schadstoffe sind die Stickstoff- und Schwefeloxide sowie gas- und dampfförmige Halogenverbindungen. Partikel- und aerosolförmig emittiert werden Russ, Teer, Flugaschen sowie verschiedene Schwermetalle. Unter den Emissionen der Feuerungsanlagen haben wegen ihrer Toxizität und Persistenz polyzyklische Aromaten und polychlorierte Dibenzodioxine und -furane einen besonderen Stellenwert. Auf die der Schadstoffbildung und -emission zugrundeliegenden chemischen Reaktionen und physikalischen Parameter wird eingegangen. Behandelt werden Probenahme- und Analyseverfahren sowie primäre und sekundäre Minderungstechnologien.

### **51000 Lebensmittelchemie**

#### Qualifikationsziele:

Kenntnisse der chemischen Grundlagen der Hauptinhaltsstoffe von Lebensmitteln und Futtermitteln (Kohlenhydrate, Lipide und Proteine) sowie deren Reaktionen bei Verarbeitung und Lagerung. Unter Berücksichtigung aktueller Methoden wird ein Überblick über grundlegende lebensmittelchemische Analyseverfahren gegeben.

#### Inhalte:

Die Vorlesung **Chemie und Technologie der Lebensmittel I: Proteine** umfasst die folgenden Schwerpunkte: Aminosäuren (Biosynthese, chemische Synthese, Metabolisierung, Nachweisreaktionen, Analyse, Reaktionen im Lebensmittel), Peptide (Synthese, Sequenzermittlung, einzelne Beispiele für lebensmittelrelevante Peptide), Proteine (Proteinklassen, Proteinreinigung, Analyse, Biologische Wertigkeit etc.), Proteide, Enzyme (enzymatische Analyse, technische Enzyme), Warenkunde (Ei, Fleisch, Hülsenfrüchte etc.).

## **ANLAGE 6: MODULBESCHREIBUNGEN - VERTIEFUNG „ANGEWANDTE CHEMIE IN TECHNIK UND UMWELT“**

Die Vorlesung **Chemie und Technologie der Lebensmittel II: Kohlenhydrate** hat folgende Inhalte: Struktur und Aufbau von Kohlenhydraten (Mono- Di-, Oligo- und Polysaccharide), Konstitution, Stereochemie, Polyfunktionalität; natürliches Vorkommen, kohlenhydratreiche Lebensmittel, technologisch und analytisch relevantes chemisches Verhalten: Karamellisierung, Maillard-Reaktion, Zucker-Couleur, Verhalten im Sauern, im Basischen, Redoxreaktionen; ernährungsphysiologische Aspekte (z.B. glycemischer Index); technologische Aspekte (Viskosität, Senkung der Wasseraktivität, Einfluss auf Glasübergangstemperatur, auf Kristallisation), Gelbildung bei Polymeren; analytische Methoden.

Die Vorlesung **Chemie und Technologie der Lebensmittel III: Lipide** behandelt die Fette und Fettbegleitstoffe, deren Aufbau und chemische Reaktionen (insbesondere Fettverderb), Biosynthese und Metabolismus, Technologie (Gewinnung, Raffination, Hydrierung, Modifizierung), Ernährungs- und Warenkunde (Butter, Margarine, Öle etc.).

Im **Lebensmittelchemischen Seminar** werden von Studierenden und Doktoranden Vorträge zu aktuellen lebensmittelchemischen Themen gehalten.

### **51100 Forschungspraktikum Angewandte Chemie A**

#### Qualifikationsziele:

Experimentelle Fertigkeiten und theoretische Kenntnisse zu einem speziellen aktuellen Forschungsvorhaben der angewandten Chemie. Überblick über die aktuelle Forschungsvorhaben im Bereich der Angewandten Chemie.

#### Inhalte:

Das **Forschungspraktikum Angewandte Chemie A** führt in die Bearbeitung von Teilaspekten eines aktuellen Forschungsvorhabens im Bereich der Angewandten Chemie ein. Im **Interdisziplinären Seminar zum Forschungspraktikum Angewandte Chemie A** werden die Ergebnisse aktueller Forschungsergebnisse präsentiert und zur Diskussion gestellt.

### **51200 Forschungspraktikum Angewandte Chemie B**

#### Qualifikationsziele:

Vertiefte experimentelle Fertigkeiten und theoretische Kenntnisse zu einem speziellen aktuellen Forschungsvorhaben im Bereich der Angewandten Chemie. Fähigkeit zur Darstellung eigener Forschungsergebnisse.

#### Inhalte:

Das **Forschungspraktikum Angewandte Chemie B** ermöglicht die Bearbeitung von Teilaspekten eines aktuellen Forschungsvorhabens im Bereich der Angewandten Chemie. Im **Interdisziplinären Seminar mit Vortrag zum Forschungspraktikum Angewandte Chemie B** werden die Ergebnisse des eigenen Forschungspraktikums präsentiert und zur Diskussion gestellt.

## 60100 Professionalisierungsmodul

### Qualifikationsziele:

Die Exkursion zu einem chemischen Industriebetrieb gewährt Einblicke in das Berufsfeld Chemische Industrie.

Die Qualifikationsziele der überfachlichen Veranstaltungen des Professionalisierungsbereiches gliedert sich in drei Teilbereiche:

#### **Übergeordneter Bezug: Einbettung des Studienfachs**

Die Studierenden werden befähigt, Ihr Studienfach in gesellschaftliche, historische, rechtliche oder berufsorientierende Bezüge einzuordnen (je nach Schwerpunkt der Veranstaltung). Sie sind in der Lage, übergeordnete fachliche Verbindungen und deren Bedeutung zu erkennen, zu analysieren und zu bewerten. Die Studenten erwerben einen Einblick in Vernetzungsmöglichkeiten des Studienfaches und Anwendungsbezüge ihres Studienfaches im Berufsleben.

#### **Wissenschaftskulturen**

Die Studierenden lernen Theorien und Methoden anderer, fachfremder Wissenschaftskulturen kennen, lernen sich interdisziplinär mit Studierenden aus fachfremden Studiengängen auseinanderzusetzen und zu arbeiten, können aktuelle Kontroversen aus einzelnen Fachwissenschaften diskutieren und bewerten, erkennen die Bedeutung kultureller Rahmenbedingungen auf verschiedene Wissenschaftsverständnisse und Anwendungen, kennen genderbezogenen Sichtweisen auf verschiedene Fachgebiete und die Auswirkung von Geschlechterdifferenzen, können sich intensiv mit Anwendungsbeispielen aus fremden Fachwissenschaften auseinandersetzen.

#### **Handlungsorientierte Angebote**

Die Studierenden werden befähigt, theoretische Kenntnisse handlungsorientiert umzusetzen. Sie erwerben verfahrensorientiertes Wissen (Wissen über Verfahren und Handlungsweisen, Anwendungskriterien bestimmter Verfahrens- und Handlungsweisen) sowie metakognitives Wissen (u.a. Wissen über eigene Stärken und Schwächen).

Je nach Veranstaltungsschwerpunkt erwerben die Studierenden unter anderem die Fähigkeit

- Wissen zu vermitteln bzw. Vermittlungstechniken anzuwenden,
- Gespräche und Verhandlungen effektiv zu führen, sich selbst zu reflektieren und adäquat zu bewerten,
- kooperativ im Team zu arbeiten, Konflikte zu bewältigen,
- Teams zu führen,
- Informations- und Kommunikationsmedien zu bedienen oder
- sich in einer anderen Sprache auszudrücken.

Durch die handlungsorientierten Angebote sind die Studierenden in der Lage, in anderen Bereichen erworbenes Wissen effektiver einzusetzen, die Zusammenarbeit mit anderen Personen einfacher und konstruktiver zu gestalten und somit Neuerwerb und Neuentwicklung von Wissen zu erleichtern. Sie erwerben Schlüsselqualifikationen, die ihnen den Eintritt in das Berufsleben erleichtern und in allen beruflichen Situationen zum Erfolg beitragen.

### Inhalte:

Die Exkursion beinhaltet die Besichtigung von Chemiebetrieben, mit der Chemie verwandten Betrieben oder außeruniversitären Forschungseinrichtungen..

Die überfachlichen Veranstaltungen ergeben sich aus den Wahlveranstaltungen des Gesamtprogrammes.

**70100 Modul Masterarbeit**

Qualifikationsziele:

In der Bachelor- oder Masterarbeit sollen Studierende erlernen, innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes eine wissenschaftliche Fragestellung selbstständig zu bearbeiten und die Ergebnisse schriftlich abzufassen. Das Kolloquium besteht aus zwei Teilen – einer Darstellung der Ergebnisse der Master-Arbeit und einer Prüfung des allgemeinen Kenntnisstandes im gesamten Fachgebiet der Chemie.

Inhalte:

Das Thema der Master-Arbeit muss eine chemische Fragestellung im weiteren Sinne beinhalten und ergibt sich aus der gewählten Vertiefungsrichtung.





INSTITUT FÜR \_\_\_\_\_

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

PROF. DR. \_\_\_\_\_

**MODULABSCHLUßSCHEIN / MODULE CERTIFICATE**

ÜBER DIE ERFOLGREICHE TEILNAHME VON / OF THE SUCCESSFUL PARTICIPATION OF

FRAU / Ms.; HERRN / MR.: \_\_\_\_\_

MATR.-NR. / ENROLMENT No.: \_\_\_\_\_

AN DEM MODUL / OF THE MODULE

**NAME DES MODULS / TITLE OF THE MODULE**

IM SOMMER-/WINTERSEMESTER 20.. IM MASTERSTUDIENGANG CHEMIE /

DURING THE SUMMER/WINTER TERM 20.. IN THE MASTER PROGRAM IN CHEMISTRY

PRÜFUNGSdatum DATE OF EXAMINATION	ART DER PRÜFUNG TYPE OF EXAMINATION	SWS H/WEEK	ECTS-PUNKTE ECTS CREDITS	NOTE <sup>1</sup> GRADE <sup>1</sup>
	SCHRIFTLICH/WRITTEN MÜNDLICH/ORAL KEINE/NONE			KOMMA- NOTE!

DAS MODUL BEHANDELT ...

THE MODULE IS CONCERNED WITH ...

BRAUNSCHWEIG, \_\_\_\_\_

(AUSSTELLUNGSDATUM)

(PROF. DR. ...)

STEMPEL

<sup>1</sup> Äquivalenz der Noten zur internationalen Notengebung / Grades are equivalent to international standards as follows: 1,0: A; 1,3: A-; 1,7: B+; 2,0: B; 2,3: B-; 2,7: C+; 3,0: C; 3,3: C-; 3,7: D+; 4,0: D.

